DIE NATURWISSENSCHAFTEN

1. Jahrgang. 21. November 1913. Heft 47.

Pendeluhren einst und jetzt.

Von Prof. Dr. F. Göpel, Berlin-Charlottenburg.

Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften haben in die Ehrentafel ihres Kataloges neuerdings als 192. Band *Huygens' Pendeluhr (Horologium oscillatorium)* aufgenommen. Den Herausgebern des Werkes *A. Heckscher* und *A. v. Oettingen* gebührt dafür besonderer Dank. Nächst *Keplers Dioptrik* von 1611 (Bd. 144) und *Galileis Unterredungen* von 1638 (Bd. 11 und 24) sind *Huygens'* Werke die ältesten Arbeiten aus dem Gebiete der Physik, welche uns *Engelmanns* Verlag darbietet.

Zwischen dem ersten Erscheinen des *Horologium* und der vorliegenden deutschen Ausgabe liegen 240 Jahre. Und wie über alle Maßen modern mutet uns *Huygens'* schöne Schrift an! Auch wenn wir berücksichtigen, daß die Herausgeber die mathematischen Ableitungen in Gleichungsform statt in der umständlichen wörtlichen Umschreibung der Urschrift bringen. Das wird sogar die Bewunderung vor *Huygens'* Arbeit noch erhöhen müssen, denn das teilweise Fehlen des formalen Rüstzeuges unserer heutigen Mathematik wird dem exakten Denker von damals manche Fessel angelegt haben.

Das *Horologium* zerfällt in fünf Teile. Im ersten Teil wird eingehend die Pendeluhr Huygensscher Konstruktion beschrieben und zwar schon in der zweiten verbesserten Form. Die beistehende Fig. 1[1]) gibt eine Vorstellung von dieser Uhr. Bei ihr hat *Huygens* besonderen Wert gelegt auf die Einrichtung, welche dem Pendel gleiche Schwingungszeit *(Isochronismus)* bei verschiedenen Schwingungsweiten *(Amplituden)* geben soll. Der doppelte Aufhängefaden des Pendels ist durch zwei zu seiner Ruhelage symmetrische Blechstreifen, *T* in Fig. 1, flankiert, die vom Pendeldrehpunkt nach außen nach dem Gesetz der Cykloide gekrümmt sind. Beim Hin- und Hergang des Pendels legt sich der Aufhängefaden gegen diese Krümmungsflächen, und der Schwingungsmittelpunkt des Pendels ist dann gezwungen, ebenfalls die Bahn einer Cykloide zu beschreiben. *Huygens* war der Entdecker des *Tautochronismus* dieser Kurve; er bewies — das geschieht im zweiten Teil des *Horologium* —, daß ein Körper Cykloidenbögen verschiedener Länge in gleichen Zeiten durchfällt. Der dritte Teil gibt vor allem eine damals vollkommen neue Theorie der Kurvenabwicklungen. Im vierten Teil wird die von *Mersenne* gestellte Aufgabe gelöst, den Schwingungsmittelpunkt eines Pendels zu bestimmen; im letzten Teile ist das Bewegungsgesetz des konischen Pendels behandelt und seine Anwendung als Gangregler von Uhren beschrieben.

[1]) Die Fig. 1 u. 2 sind dem hier besprochenen Werke entnommen. Fig. 3 entstammt dem Buche *H. Bock*, Kritische Theorie der freien *Riefler*-Hemmung (Verlag von *Julius Springer*, Berlin). Fig. 4 hat die Firma *Clemens Riefler* in Nesselwang zur Verfügung gestellt.

Betrachten wir zunächst die Uhr von *Huygens* noch näher. Der wesentliche Fortschritt vom Standpunkt der damaligen Zeit bestand darin, daß das Pendel *auf die Dauer* in Bewegung gehalten wurde, während bis dahin die Astronomen für ihre Sternbeobachtungen Pendel benutzten, welche von Hand in Schwingungen versetzt wurden und daher von Zeit zu Zeit eines neuen Anstoßes bedurften. Noch 1654 benutzte *Hevelius* ein solches freischwingendes Pendel, welches in der Minute 39 Schwingungen machte. *Huygens* vereinigte vor allem in geschickter Weise das Pendel mit der damals schon bekann-

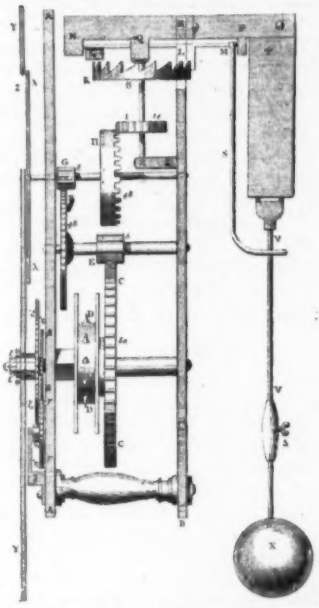


Fig. 1. Pendeluhr von *Huygens*. (Werkansicht.)

Fig. 2. Pendeluhr von *Huygens*. (Außenansicht.)

ten Spindelhemmung, die ursprünglich von der *Unrast* (Unruhe) als Gangregler begleitet war. Diese Hemmung, deren Einrichtung und Wirkungsweise aus Fig. 1 genügend hervorgeht, hat trotz vieler Mängel die Zeitmesser lange beherrscht. Ein Hauptnachteil ist, daß der Spindelgang mit „Rückfall" arbeitet, d. h. während einer gewissen Schwingungsphase des Pendels müssen die Spindellappen *LL* (Fig. 1) das Hemmungsrad *K* und mit diesem das ganze übrige Räderwerk der Uhr etwas rückwärts drehen; hierzu muß das Pendel einen guten Teil seiner Schwingungsenergie verwenden. Außerdem ist der Spindelgang besonders empfindlich gegen kleine Änderungen der Antriebskraft und endlich wird zwischen Räderwerk und Hemmungsrad die Einschaltung eines Kronrades (*H* in Fig. 1) nötig.

das seiner ganzen Natur nach ungünstige Eingriffsverhältnisse gibt. Trotzdem hat man im Laufe der Zeit die Spindelhemmung zu großer Vollendung gebracht, wovon namentlich die noch zahlreich vorhandenen alten Taschenuhren zeugen. Bei diesen ist bekanntlich die Empfindlichkeit des Spindelganges gegen die Krafttänderungen der Triebfeder besonders Rechnung getragen durch Einfügung der Schnecke, welche die Kraft der Triebfeder zunächst aufnimmt und als *konstantes* Drehmoment an die Hemmung abgibt.

An der Spindelachse *M* ist ein senkrecht nach unten führender Draht *S* befestigt; das ist die „Gabel", welche die Pendelstange umfaßt und die vom Zuggewicht über die Hemmung verlaufenden Impulse dem Pendel zuführt. Das Pendel, hier verkürzt gezeichnet, ist ein Sekundenpendel mit Bleikugel. *Huygens* macht bei der Beschreibung den Vorschlag, das Sekundenpendel unter der Bezeichnung „Stundenfuß" als reproduzierbare Längeneinheit zu benutzen; daß dieser Vorschlag wegen der Veränderlichkeit der Gravitationskonstante und damit der Pendellänge mit der geographischen Breite undurchführbar ist, hat etwas später *Richer* durch seinen klassischen Versuch erwiesen.

Die wichtige Rolle, welche der Luftwiderstand bei dem Pendel spielt, war *Huygens* wohl bekannt; er wendet, wie Fig. 2 zeigt, schon andere Formen der Pendellinse an. Charakteristisch ist ferner das Laufgewicht Δ (Fig. 1) auf der Pendelstange, dessen Höhenverschiebung zur Feinregulierung der Schwingungsdauer des Pendels dient. Als „Huygensscher Laufer" ist es lange an Pendeln verwendet worden.

Fig. 2 macht noch zwei weitere Eigentümlichkeiten der Huygensschen Uhr ersichtlich. Die eine ist die Anwendung des Zuggewichtes an einer endlosen Schnur in der Absicht, beim Aufziehen jede Unterbrechung der Kraftzufuhr zu vermeiden. Hierzu läuft die Schnur einmal über das Zackenrad *D* (Fig. 1) und außerdem über eine, ebenfalls mit Zacken versehene, Leitrolle *d* (Fig. 2) außerhalb des Gehäuses. Diese Rolle ist dergestalt mit einem einseitigen Gesperr versehen, daß sie sich nur drehen kann, wenn man am Schnurende *a* nach unten zieht. *b* ist das eigentliche Zuggewicht; *g* dient nur als Spanngewicht, um der Schnur die nötige Reibung auf den Zackenrädern zu geben. Auf *D* und *d* wirkt je die Hälfte der Zugkraft $b - g$. Wird also *b* durch Abwärtsziehen von *a* gehoben, so hört die Wirkung der Triebkraft $\frac{b-g}{2}$ an *D* nicht auf.

Die zweite Eigentümlichkeit beruht in der Anordnung des Sekundenzeigers. Die Sekundenwelle ist jene mit dem Kronrad *G* (Fig. 1). Sie trägt am linken Ende eine Kreisscheibe λ mit 60-Teilung, die in einem Ausschnitt des eigentlichen Zifferblattes *Y* erscheint. Bei *Z* trägt der Ausschnitt einen festen Zeiger zum Ablesen der Sekundenteilung.

Für die Verwendung auf dem Schiffe traf *Huygens* die bekannte nach *Cardano* benannte Kreuzgelenkanordnung.

Über die Ganggenauigkeit dieser alten Uhren enthält das *Horologium* nur sehr unsichere Angaben. Das erklärt sich, wenn man liest, daß *Huygens* vor allem Auf- und Untergang der Sonne als Zeitmarken benutzte, also Phänomene, welche an sich nur eine begrenzte Genauigkeit der Zeitbestimmung zulassen. Man darf wohl verallgemeinernd sagen, daß vor allem die damalige Unsicherheit der Zeitbestimmungsmethoden auch der Entwicklung der Pendeluhr eine Grenze setzte. Die wissenschaftlichen Grundlagen, wie sie *Huygens* in seinem *Horologium* bietet, hätten jedenfalls die Erreichung beträchtlicher Ganggenauigkeit erlaubt.

Gerade weil das vorliegende Huygenssche Werk eine Fülle unveralteter Ideen bietet, die zum Teil jetzt noch die Konstruktionsbedingungen der Zeitmesser beherrschen — nicht um *Huygens'* Leistungen in den Schatten zu stellen, sondern weil die Antithese reizt —, wollen wir einen Blick auf unsere jetzigen Pendeluhren höchster Genauigkeit werfen.

Man wird niemandes Ruhm beeinträchtigen, wenn man als Standard einer solchen Uhr eine

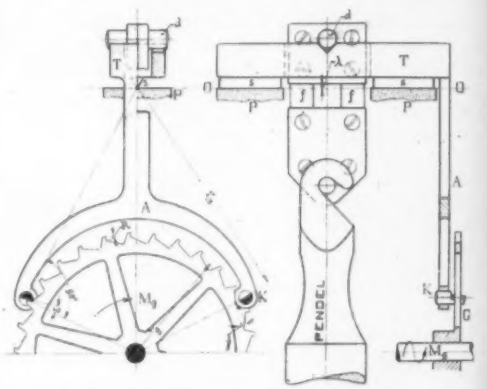


Fig. 3. Schema der freien *Riefler*-Hemmung.

astronomische Präzisions-Pendeluhr von *Riefler* zur Betrachtung zieht; verdanken wir doch dem im vorigen Jahr verstorbenen *Siegmund Riefler*, dem ausgezeichneten Ingenieur, die größten Fortschritte in der Theorie und im Bau der Pendeluhr.

Es soll zunächst wieder die Seele der Uhr, die Hemmung zusammen mit dem Pendel betrachtet werden. Der Sprachgebrauch nennt diese Hemmung eine freie. In Fig. 3 ist ihre Anordnung in schematischer Form gegeben. Der Anker *A* ist mit einem kräftigen Träger *T* verbunden, der mit zwei fein geschliffenen Stahlschneiden *SS* auf ebenen Achatpfannen *PP* ruht und somit um diese Schneiden wie ein Wagebalken schwingen kann. Außerdem trägt *T* in der Mitte zwischen den Schneiden unter Vermittlung des Querstückes *d* das Pendel, welches an zwei sehr feinen, stählernen Blattfedern *ff* hängt und um diese Schwingungsbewegungen ausführen kann. Die Biegungsachse liegt etwa um die Strecke λ unter der oberen Einspannungsstelle und somit in gleicher Linie *(OO)* mit den Schneiden-

achsen. Das Pendel — bei den astronomischen Uhren ein Sekundenpendel — befindet sich im Ruhezustand im stabilen Gleichgewicht, balanciert also auf den Schneiden. Stellen wir uns jetzt vor, daß wir dem Anker A und mit ihm T eine einmalige kleine Ablenkung aus der Gleichgewichtslage geben, so wird das Pendel zunächst für das unbewaffnete Auge in Ruhe bleiben. Wiederholen wir aber diese Ankerablenkungen alle Sekunden systematisch nach links und rechts, so wird das Pendel durch Superposition aller der kleinen, lediglich von der Biegungselastizität der Federn ff ausgehenden Impulse allmählich in sichtbare Schwingungen geraten. Hören die Ankerbewegungen auf, so wird das Pendel nach geraumer Zeit wieder zur Ruhe kommen. Es ist also nicht schwer, sich den Mechanismus in dem stationären Zustand zu denken, in dem durch die Federimpulse dem Pendel gerade soviel Schwingungsenergie zugeführt wird, als nötig ist, um es dauernd in Schwingungen gleicher Weite zu halten. Akkumulator der Schwingungsenergie ist das Triebgewicht der Uhr, die Dosierung der Impulse besorgt das Hemmungsrad unter Vermittlung des Ankers, dessen beide halbzylindrischen Steinpaletten abwechselnd mit dem Gangrad G in Eingriff kommen. Wird G durch die Zugkraft der Uhr im Sinne des Pfeiles (Fig. 3) angetrieben, so wird das Uhrwerk in der hier gezeichneten Stellung tatsächlich gehemmt sein, da das Rad mit der kleinen Fläche R (der Ruhefläche) auf der Palette aufliegt. Schwingt A, dem Weg des Pendels folgend, nach links, so legt sich K in dem Augenblick, wo das Rad frei wird und durch die übrigen Räder die Zeigerbewegung veranlaßt, gegen die schräge Fläche von G, welche je zwei Zähne verbindet. Die Lage dieser Fläche veranlaßt aber bei dem Vorübergleiten an K eine Ankerbewegung nach rechts, die sogenannte Hebung, bis auch hier die Ruhefläche von der Palette abgefangen wird. Während dieser Hebung schwingt das Pendel ungestört nach links. Die Federn ff müssen also unter Wirkung der Ankerdrehung jene oben erwähnte kleine Biegungsspannung erhalten, welche alsbald auf das umkehrende, also rechts nach der Mitte zu schwingende, Pendel einen Impuls ausübt. Charakteristisch gegenüber dem alten Spindelgang ist demnach das Fehlen der Gabel; hier schwingt das Pendel praktisch vollkommen frei und unbeeinflußt. Man spricht daher im übertragenen Sinn von einer *freien* Federhemmung. In der praktischen Ausführung hat die *Riefler*-Hemmung zwei Räder nebeneinander auf gleicher Achse, eines für die Ruhe, und eines für die Hebung; ersteres wirkt auf die Abflachung, letzteres auf den zylindrischen Fuß der Paletten.

Besonders wichtig für die Gangleistungen der *Riefler*-Uhren ist die Anordnung des Pendels. *Huygens* konnte den Einfluß wechselnder Temperaturen auf die Pendellänge und damit auf die Schwingungsdauer noch nicht berücksichtigen, obwohl diese Einflüsse zu damaliger Zeit schon bekannt waren.

Graham war wohl der erste, der sich bemühte, der Wärmewirkung auf das Pendel zu begegnen, indem er die Kompensation erfand (1726). Er lehrte, wie man durch geeignete Verbindung von Metallen verschiedener Wärmeausdehnung die reduzierte Pendellänge bei wechselnden Temperaturen konstant halten kann. Die Zahl der zu diesem Zweck erdachten Einrichtungen ist sehr groß. Wir beschränken uns der Kürze wegen auf die Betrachtung der *Riefler*-Pendel. Diese Pendel hatten ursprünglich eine Quecksilberkompensation. Die Pendelstange bestand aus Mannesmann-Stahlrohr, das bis zu einer berechneten Höhe mit Quecksilber gefüllt ist, so, daß die Kompensationsbedingung erfüllt war. *Riefler* hat diese Pendel durch zweckmäßige Konstruktion und vor allem durch genaue Berechnung zur größten Vollkommenheit gebracht. Er begnügte sich nicht mit der traditionellen Berücksichtigung *eines* mittleren Ausdehnungskoeffizienten für seine Stahlrohre, sondern ließ für jedes Rohr diese Größe auf das genaueste experimentell feststellen.

Die Auffindung des *Invar* durch *Guillaume* (1897), einer Nickelstahllegierung mit ca. 36 % Ni und der außerordentlich niedrigen Wärmeausdehnung von etwa 0,0009 mm für 1 m Länge und 1° C. Temperaturzunahme, veranlaßte *Riefler* zur Konstruktion seines Nickelstahl-Kompensationspendels. Es besteht aus einer Invarstange mit einer Reguliermutter am unteren Ende. Auf der Mutter sitzt, die Pendelstange umschließend, ein Metallrohr größerer Wärmeausdehnung, auf dessen oberem Rande die Pendellinse derart aufruht, daß sie in ihrem Schwerpunkt unterstützt ist. Denken wir uns das Kompensationsrohr aus Messing, dessen Ausdehnung etwa 20 mal größer ist als diejenige des Invar, so würde eine Rohrlänge von rd. 50 mm genügen, um die Ausdehnung der Pendelstange zu kompensieren, d. h. die Linse bei steigender und fallender Temperatur gesetzmäßig zu heben und zu senken. Zur genauesten Durchführung dieses sehr einfachen Konstruktionsgedankens waren große Schwierigkeiten zu überwinden. Störend waren vor allem die thermischen Nachwirkungserscheinungen des Invar, kleine langsam verlaufende Längenänderungen, die erst durch systematisches Erwärmen und Abkühlen des Materials sowie durch Erschütterungen (künstliches Altern) beseitigt werden konnten.

Der Präzisionsgrad der *Riefler*-Pendel wuchs allmählich derart, daß es sich verlohnte, noch auf einen sekundären Temperatureinfluß konstruktive Rücksicht zu nehmen. Die vollkommene Kompensationswirkung der beschriebenen Einrichtung kann nämlich noch durch *Temperaturschichtungen* im Schwingungsraum des Pendels beeinträchtigt werden. *Riefler* hat deshalb ein besonderes *Schichtungspendel* gebaut, bei welchem der Kompensationskörper nicht unter der Linse, sondern in der oberen Hälfte des Pendelkopfes in einer berechneten Höhe angebracht ist, die abhängig ist von anderen Konstruktionselementen des Pendels, unter anderem auch davon, ob das Pendel in freier Luft oder im luftdicht abgeschlossenen Raum schwingt. Ein solches Schichtungspendel ist im *Kgl. Preuß. Geodätischen Institut* zu Potsdam seit geraumer Zeit in Betrieb und hat sich, wie Prof. *Wanach* im Jahres-

bericht dieser Behörde erwähnt, auf das beste bewährt.

Es mag darauf hingewiesen werden, daß man neuerdings auch an die Konstruktion von Pendeln aus *Quarz* herangegangen ist [1]), weil dieses Material eine noch geringere Ausdehnung als Invar hat (etwa 0,0005 mm mittlerer Ausdehnung zwischen 0° und 100° C. pro 1 m und 1° C.), und vor allem innerhalb des bei Uhren in Frage kommenden Temperaturbereiches nachwirkungsfrei zu sein scheint. Es bietet natürlich Vorteile, mit Material von möglichst geringer Wärmeausdehnung zu arbeiten, weil dann auch die Größenordnung der möglichen Kompensationsfehler herabgedrückt wird, obwohl auch hier theoretisch Grenzen gegeben sind. Erfahrungen mit Quarzpendeln sind noch nicht veröffentlicht.

Die Einstellung der absolut richtigen Pendellänge durch Heben und Senken der Linse mittels der Reguliermutter ist ein mathematischer, also nur in Annäherung erreichbarer Grenzfall. Auch wenn diese Regulierung mit größter Sorgfalt erfolgt, wird das Pendel in längeren Zwischenräumen Gangabweichungen zeigen, die nicht mehr mit der Reguliermutter ausgleichbar sind, auch deshalb nicht, weil man hierzu das Pendel anhalten müßte. Bei *Huygens'* Uhr diente der „Laufer" dieser Feinregulierung. An unseren neueren Pendeln arbeitet man mit *Zulagegewichten*. Die Pendelstange trägt deshalb in der mittleren Höhe — das ist die wirksamste Stelle — ein kleines Tischchen, auf welches nach Bedarf streifenförmige Gewichtchen während des Ganges aufgelegt werden können. Ihre Massen sind so berechnet, daß sie je nach Wunsch eine bestimmte tägliche Beschleunigung nach ganzen Sekunden oder Bruchteilen davon herbeiführen.

Riefler hat auch diese Einrichtung noch verbessert, indem er die Einrichtung traf, daß zwei an Kokonfäden hängende Zulagegewichte je durch einen elektromagnetisch betätigten Hebel auf das Tischchen aufgesetzt oder von ihm abgehoben werden können. Die Pendellänge ist so reguliert, daß sein Gang in engen Grenzen richtig ist, wenn das eine Gewichtchen dauernd aufliegt. Um eine Beschleunigung von 0,1 Sekunden pro Stunde herbeizuführen, wird das andere Gewicht aufgesetzt; um die gleiche Verzögerung zu erzielen, müssen beide Zulagegewichte abgehoben werden. Es ist einleuchtend, daß damit die immerhin Geschick voraussetzende Bedienung von Hand entfällt und daß es auch möglich wird, die Feinregulierung aus der Ferne vorzunehmen, bzw. an einem Pendel, welches dauernd unter luftdichtem Abschluß steht.

Unsere feinen Pendeluhren sind aber nicht nur gegen Temperatureinflüsse gewappnet, sondern auch gegen die Störungen durch Änderungen des Luftdruckes. Beschränkt man sich auf Anbringung der Wärmekompensation, so zeigt eine solche Uhr noch kleine Gangänderungen, die sich als Funktion des Luftdruckes darstellen. Je höher der Luftdruck steigt, um so mehr Widerstand findet das Pendel, und um so langsamer schwingt es; zudem muß sein Auftrieb wachsen. Ein Sekundenpendel geht pro Tag um ca. 0,015 Sek. langsamer, wenn der Luftdruck um 1 mm Quecksilber steigt. Diese *Barometerkonstante* ist etwas von der Linsenform des Pendels abhängig.

Die Luftdruckänderungen suchte man früher dadurch unschädlich zu machen, daß man die Uhr mit einem Glasgehäuse umgab und dieses möglichst luftleer pumpte. Die Dichtung solcher Gehäuse machte beträchtliche Schwierigkeiten. Da es aber nur darauf ankommt, den Luftdruck im Pendelraum konstant zu halten, so genügt die von *Riefler* getroffene Anordnung, bei der im Glasgehäuse nur ein

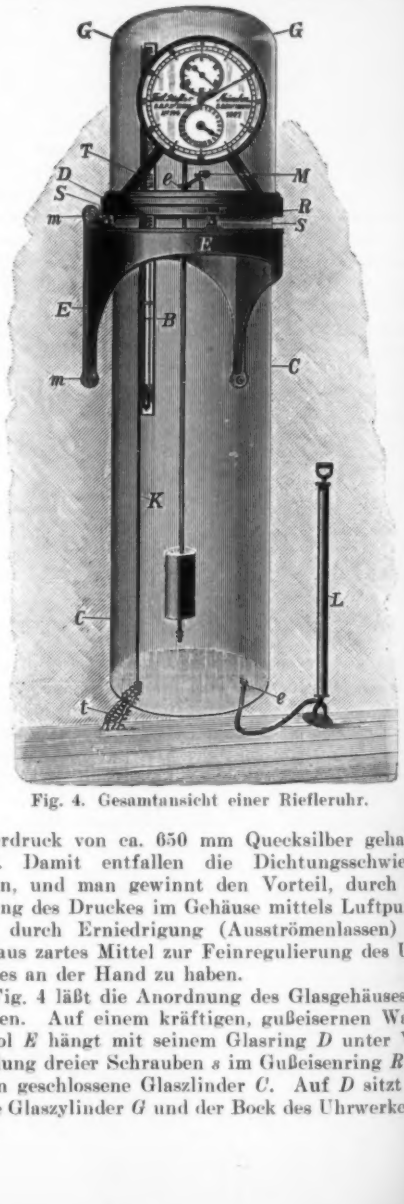


Fig. 4. Gesamtansicht einer Riefleruhr.

Unterdruck von ca. 650 mm Quecksilber gehalten wird. Damit entfallen die Dichtungsschwierigkeiten, und man gewinnt den Vorteil, durch Erhöhung des Druckes im Gehäuse mittels Luftpumpe oder durch Erniedrigung (Ausströmenlassen) ein überaus zartes Mittel zur Feinregulierung des Uhrganges an der Hand zu haben.

Fig. 4 läßt die Anordnung des Glasgehäuses erkennen. Auf einem kräftigen, gußeisernen Wandkonsol *E* hängt mit seinem Glasring *D* unter Vermittlung dreier Schrauben *s* im Gußeisenring *R* der unten geschlossene Glaszlinder *C*. Auf *D* sitzt der obere Glaszylinder *G* und der Bock des Uhrwerkes *T*.

[1]) Vgl. z. B. das Quarzpendel von *K. Satori* in Wien. Zeitschr. f. Instrumentenkunde *33*, S. 277, 1913.

Die Berührungsflächen von C und D sind zum Zweck der Dichtung plan geschliffen. Bei l befindet sich der Hahn zur Regulierung des Innendruckes, L ist die Luftpumpe. Das Barometer B erlaubt den Innendruck zu verfolgen.

Von dieser Einkapselung kann man sich frei machen, wenn man am Pendel die gleichfalls von *Riefler* erdachte Barometerkompensation anbringt. Sie beruht auf folgendem Gedanken:

Der reagierende Teil unserer Aneroidbarometer ist bekanntlich eine luftleer gemachte Dose aus feinem Wellblech, die bei steigendem Luftdruck etwas zusammengedrückt wird und umgekehrt. Befestigt man nun eine solche Dose etwa im oberen ersten Viertel des Pendels dergestalt, daß ihre Luftdruckbewegungen parallel zur Pendelstange nach oben erfolgen und setzt auf die obere Dosenfläche ein berechnetes Gewicht, so muß dieses je nach den Druckvariationen gehoben und gesenkt werden, also den Pendelgang gesetzmäßig beeinflussen. Es ist mit dieser Einrichtung möglich, die Luftdruckänderungen des Pendels unter 0,001 Sek. pro Tag zu halten.

Daneben scheint es aber noch Einflüsse auf das Pendel zu geben, die kaum vermeidbar sind, vor allem, weil sie nicht die Eigenschaft der Stetigkeit haben. Dahin rechnen z. B. die plötzlichen, aber vorübergehenden Gangänderungen, die man durch seismische Einflüsse auf die feine, verhältnismäßig schwer belastete Pendelfeder zu erklären sucht.

Die Vervollkommnung der Pendeluhr durch *Riefler* ist auch dem Aufzug zugute gekommen. Seine Uhren sind mit einem höchst einfachen, erschütterungsfrei und konstant wirkenden *elektrischen* Aufzug versehen. Ein Gewichthebel von nur 10 g Gewicht ist mit einem Ende konzentrisch drehbar zu einem Sperrad gelagert, während sein anderes Ende sich mit einem Finger in dies Rad einlegt. Sperrad und Hebel sitzen auf gleicher Achse mit einem Trieb, welcher direkt auf die Gangradwelle wirkt. Der Hebel dreht durch seine Schwere das Gangrad im Antriebsinne. Hat er seine tiefste Lage erreicht, so schließt er einen Kontakt, und ein Elektromagnethebel hebt ihn rasch in die Anfangslage. Das geschieht etwa alle 33 Sekunden. Vorteilhaft ist dabei noch, daß die Zahl der eigentlichen Uhrenräder damit auf zwei beschränkt ist. In Fig. 4 ist bei t die Stromzuführung zu sehen.

Endlich mag noch hinzugefügt werden, daß das Mikroskop M in Fig. 4 dazu dient, an dem mit dem Pendel verbundenen Schwingungsmaß e die Amplituden des Pendels zu messen und zu kontrollieren.

So ist man mit der Verfeinerung der Pendeluhr allmählich so weit gekommen, daß die täglichen zufälligen Gangänderungen nur $\pm 0{,}01$ bis $\pm 0{,}02$ Sekunden betragen.

Um ein Bild zu geben von der mathematischen Form, in welcher sich die Gangleistungen einer astronomischen Pendeluhr auf Grund längerer Beobachtungen bringen lassen, sei hier die Gangformel für die Riefleruhr R 204 wiedergegeben, die den *Veröffentlichungen der Großherzoglichen Sternwarte zu Heidelberg-Königstuhl* (Bd. 6, Nr. 7, S. 80, 1913) entnommen ist, in deren Besitz sich die Uhr befindet. R 204 hat Nickelstahlpendel und elektrischen Aufzug, aber keine Barometerkompensation. Die Formel lautet

$$G = +0{,}^s240251 - 0{,}^s063550\,(\text{Datum} - 1910{,}02) - 0{,}^s029040\,(12{,}00_0 - \tau) - 0{,}^s014903\,(712{,}00\ \text{mm} - p).$$

Das erste Glied der rechten Seite stellt den Gang der Uhr dar für das Anfangsdatum ihrer Betriebsetzung (1910,02), und zwar für eine Anfangstemperatur 12° C. und 712 mm Druck. Das zweite Glied ist die *Gangänderung*, multipliziert mit dem Zeitunterschied zwischen dem Anfangsdatum und der Mitte des Beobachtungsintervalles in Bruchteilen des Jahres. Dann folgen die Temperaturkonstante, multipliziert mit dem mittleren Luftdruck des gleichen Intervalles, und die Barometerkonstante, multipliziert mit dem mittleren Luftdruck des gleichen Intervalles.

Es ist selbstverständlich, daß die hier kurz geschilderten Fortschritte eine hohe Entwicklung der Theorie und Praxis der Beobachtungskunst zur Voraussetzung gehabt haben. Sie war auch in *Rieflers* glücklicher Hand eine Vorbedingung der großartigen Erfolge, welche der Bau astronomischer Pendeluhren durch diesen seltenen Mann gezeitigt hat, Erfolge, die es wohl verdienen, neben denen *Huygens'* als Marksteine der Chronometrie zu gelten.

Die Arbeitsleistung der Verbrennungsvorgänge.

Von Prof. Dr. O. Sackur, z. Z. Berlin-Dahlem.

„Die Arbeitsleistung der Verbrennungsvorgänge" lautete das Thema, welches die Deutsche Bunsengesellschaft für angewandte physikalische Chemie auf ihrer diesjährigen Hauptversammlung zu Breslau[1]) in den Mittelpunkt ihrer Verhandlungen gestellt hatte. Um den Gegenstand von den verschiedensten Seiten zu erörtern, hatte der Vorstand der Gesellschaft die folgenden Vorträge veranlaßt:

1. *W. Nernst* (Berlin): Über den maximalen Nutzeffekt der Verbrennungsmotoren.
2. *K. Neumann* (Dresden): Die Arbeit der Gasmotoren.
3. *C. Cranz* (Charlottenburg): Die Arbeitsleistung der Sprengstoffe und Geschoßtreibmittel.
4. *R. Höber* (Kiel): Die Arbeitsleistung der Verbrennungsvorgänge in den Organismen[2]) (Physiologie der Muskelwirkung).

Bei der großen wissenschaftlichen und wirtschaftlichen Bedeutung des Gegenstandes dürfte der Inhalt dieser zusammenfassenden Vorträge auch bei den Lesern dieser Zeitschrift Interesse

[1]) 3.—6. August.

[2]) Veröffentlicht in der Zeitschr. f. Elektrochemie vom 15. September und 1. Oktober.

erwecken. Um das Verständnis einem größeren Kreise zu erleichtern, hat der Berichterstatter die theoretischen Grundlagen etwas ausführlicher dargestellt als der Vortragende, der sich ja nur an seine engeren Fachgenossen zu richten hatte.

Alle unsere Arbeitsmaschinen, soweit sie nicht direkt durch Wasserkraft betrieben werden, setzen die bei der Verbrennung von Kohle oder von Kohlenstoffverbindungen (Leuchtgas, Benzin, Petroleum, Öl, Hochofen- und Generatorgas) entwickelte Wärmeenergie in nutzbare mechanische Arbeit um. Der in mechanischem Maße gemessene Betrag dieser Arbeit entspricht aber erfahrungsgemäß niemals demjenigen Werte, den man bei restloser Umwandlung der entwickelten Wärme in Arbeit erwarten sollte, vielmehr geht stets ein sehr erheblicher Bruchteil der Verbrennungsenergie durch Strahlung und Leitung an die kältere Umgebung, durch Ausstoßen der noch heißen Verbrennungsprodukte usw. für die Arbeitsleistung verloren. Für die Beurteilung der verschiedenen Arbeitsmotoren hat man daher in der Technik den Begriff des Nutzeffektes eingeführt und versteht unter dieser Bezeichnung das Verhältnis der tatsächlich gewonnenen Arbeit zu der in mechanischem Maße gemessenen bei der Verbrennung entwickelten Energiemenge. Wissenschaftlich streng begründet ist jedoch diese Berechnungsweise eigentlich nicht. Denn nach dem zweiten Hauptsatz der Thermodynamik ist es gänzlich ausgeschlossen, daß eine kontinuierlich arbeitende Maschine auch bei sorgfältigster Konstruktion genau die bei einer chemischen Reaktion entwickelte Wärme in Arbeit umzusetzen vermag. Wollte man die Verluste durch Strahlung und Leitung ausschalten, so müßte man die Maschine bei konstanter Temperatur laufen lassen; aber auch dann ist der erwünschte Erfolg nicht zu erzielen. Denn die gesamte Energie, die ein Körper besitzt und deren Änderung durch seine Reaktionswärme gemessen wird, ist nach *Helmholtz* in die sogenannte freie und die gebundene Energie zu zerlegen; nur die erstere kann bei isothermen, d. h. bei konstanter Temperatur verlaufenden Vorgängen in Arbeit verwandelt und zum Antrieb von Maschinen verwendet werden.

Aus diesen Erörterungen ergibt sich, daß man vom wissenschaftlichen Standpunkte aus den Nutzeffekt einer Arbeitsmaschine definieren müßte als das Verhältnis der tatsächlich geleisteten Arbeit zu dem der maximal möglichen, d. h. zu der Abnahme der freien Energie, welche die an der Verbrennung teilnehmenden Stoffe (Brennstoff und Sauerstoff) erleiden. Tatsächlich ergibt sich jedoch, daß diese Unterscheidung praktisch belanglos ist, weil bei allen wichtigen Brennstoffen die freie Energie der gesamten Energie nahezu gleich kommt, so daß der wissenschaftliche Nutzeffekt von dem technischen sich nur um wenige Prozent unterscheidet.

Während die Messung der gesamten Energieänderung, d. h. der bei der Verbrennung entwickelten Wärme, in einem Kalorimeter relativ leicht ausgeführt werden kann, stellen sich der Bestimmung der freien Energie meist recht erhebliche Schwierigkeiten entgegen. Die direkte quantitative Überführung in nutzbare Arbeit ist nämlich nur dann ausführbar, wenn die reagierenden Stoffe zum Betriebe eines galvanischen Elementes verwendet werden können. Dies ist bei zahlreichen chemischen Reaktionen, die zwischen Metallen und ihren Salzen stattfinden, möglich. So gibt z. B. die elektromotorische Kraft des bekannten Daniellschen Elementes unmittelbar ein Maß für die Änderung der freien Energie, die während der Stromentnahme im Element auftritt, nämlich bei der Reaktion

$$Zn + CuSO_4 = Cu + ZnSO_4.$$

Aber gerade für die technisch wichtigen Verbrennungsreaktionen ist diese Methode bisher nicht gangbar. Denn es ist trotz zahlreicher Versuche bisher noch nicht gelungen, galvanische Elemente zu konstruieren, in denen in technisch brauchbarem Maßstabe Kohle oder Kohlenstoffverbindungen bei gleichzeitiger Stromerzeugung oxydiert werden (sogenannte Brennstoffelemente). Gerade bei den Verbrennungsreaktionen ist man daher vorläufig darauf angewiesen, ihren maximalen Nutzeffekt auf einem indirekten Wege zu ermitteln. Hierzu dienen nach den Ausführungen *Nernsts* im wesentlichen zwei Wege:

1. Durch experimentelle Bestimmung des *chemischen Gleichgewichtes*, welches sich bei der Verbrennung einstellt. Wie die Erfahrungen der letzten Jahrzehnte gelehrt haben, verlaufen chemische Reaktionen zwischen Gasen niemals vollständig, d. h. bis zum völligen Verschwinden der Reaktionsteilnehmer, sondern die Reaktion kommt bereits vorher zum Stillstand, wenn das Verhältnis der Konzentrationen aller an der Reaktion teilnehmenden Stoffe einen bestimmten, für jede Reaktion charakteristischen und außerdem noch von der Temperatur abhängigen Wert angenommen hat. Für die Verbrennung von Wasserstoff z. B. gilt das Gesetz, daß die Verbrennung aufhört, also Gleichgewicht zwischen Wasserstoff, Sauerstoff und Wasserdampf eingetreten ist, wenn der Ausdruck $\frac{[H_2]^2 \cdot [O_2]}{[H_2O]^2}$ einen bestimmten Wert K angenommen hat. (Die eckigen Klammern bedeuten die molekularen Konzentrationen, d. h. die in einem Liter enthaltenen Gramm-Molekeln der betr. Gase.) Diese Größe K bezeichnet man als die Gleichgewichtskonstante oder auch als die Konstante des Massenwirkungsgesetzes. Dieses Gesetz besagt also auch, daß reiner Wasserdampf, der keine Spuren von Wasserstoff oder Sauerstoff enthält, nicht beständig ist, sondern sich in seine Bestandteile dissociieren muß, bis der Ausdruck $\frac{[H_2]^2 \cdot [O_2]}{[H_2O]^2}$ den für die betreffende Temperatur gültigen Wert von K erreicht hat. *Van 't Hoff* hat nun auf rein thermodynamischem Wege bewiesen, daß die maximale Arbeitsfähigkeit einer chemischen Reaktion, an der verdünnte Gase teilnehmen, durch den Zahlenwert ihrer Gleichgewichtskonstanten gegeben ist. Verwandelt man Wasserstoff und Sauer-

stoff von der beliebigen Konzentration c_{H_2} und c_{O_2} in Wasserdampf von der beliebigen Konzentration c_{H_2O}, bei der absoluten Temperatur T, so nimmt die freie Energie des Systems pro Mol um die Größe

$$A = RT\left(\ln K - \ln \frac{c_{H_2O}}{c_{H_2} \cdot c_{O_2}}\right)$$

ab[1]).

Die Bestimmung der maximalen Arbeitsfähigkeit ist somit auf die der Gleichgewichtskonstanten K zurückgeführt; diese ist jedoch nur dann möglich, wenn im Gleichgewicht alle Reaktionsteilnehmer in endlichen, analytisch nachweisbaren Konzentrationen vorhanden sind, was durchaus nicht immer der Fall ist. Führt man z. B. die Vereinigung von H_2 und O_2 möglichst bei Zimmertemperatur durch, oder nur wenig über dem Siedepunkte des Wassers, so erhält man reinen Wasserdampf, in welchem man mit den heute zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln keine Spur von den freien Reaktionsteilnehmern entdecken kann. Erst bei wesentlich höheren Temperaturen, oberhalb 1000° C. wird die Dissociation des Wasserdampfes merklich und das Gleichgewicht daher analytisch bestimmbar. Aus den bei hohen Temperaturen bestimmten Gleichgewichtsverhältnissen kann man jedoch ohne prinzipielle Schwierigkeiten auch auf die bei tieferen Temperaturen herrschenden Verhältnisse schließen und daher Gleichgewichtskonstanten für alle Temperaturen berechnen.

Die folgende kleine Tabelle, die der Referent an anderer Stelle[2]) berechnet, zeigt, daß, wie oben schon erwähnt, bei gewöhnlicher Temperatur die Arbeitsfähigkeit A dieser Reaktion nahezu der Reaktionswärme Q entspricht, daß aber bei hohen Temperaturen recht erhebliche Unterschiede auftreten können.

Arbeitsfähigkeit und Reaktionswärme der Wasserstoffverbrennung[3]).

t ° C	A	Q
227	109 600 cal	116 400 cal
727	102 200 „	117 900 „
1227	94 000 „	119 400 „
1727	85 300 „	120 900 „
2227	76 300 „	122 400 „

Nun bestehen aber die technisch wichtigen Brennstoffe nicht aus reinem Wasserstoff, sondern aus Kohlenstoff oder aus Verbindungen von Kohlenstoff mit Wasserstoff oder aus Kohlenoxyd, denen nur in einzelnen Fällen freier Wasserstoff beigemengt ist (Leuchtgas, Wassergas). Die Arbeitsfähigkeit der Kohlenoxydverbrennung kann man zwar genau so bestimmen, wie die der H_2-Verbrennung, da sich ebenfalls ein Gleichgewicht bei der Reaktion $2\,CO + O_2 = 2\,CO_2$ einstellt, welches bei hohen Temperaturen experimentell bestimmt und bei tieferen Temperaturen entsprechend berechnet werden konnte. Bei der Verbrennung des Kohlenstoffs selbst aber, d. h. bei der Reaktion $C + O_2 = CO_2$, ist das Gleichgewicht bisher noch bei keiner einzigen Temperatur experimentell faßbar geworden, weil diese Verbrennung auch bei den höchsten erreichbaren Temperaturen praktisch vollständig verläuft.

In diesem und anderen ähnlichen Fällen kann man sich jedoch durch einen Kunstgriff helfen, indem man die zu untersuchende, praktisch vollständig verlaufende Reaktion in zwei oder mehr Teilreaktionen zerlegt, deren jede einzelne zu einem experimentell bestimmbaren Gleichgewicht führt. Bei der Kohlenstoffverbrennung gelingt dies z. B. durch die folgende Zerlegung:

Man reduziert Kohlendioxyd durch Kohlenstoff zu Kohlenoxyd und oxydiert dieses Kohlenoxyd wieder zu Kohlendioxyd. Bezeichnet man die Arbeitsfähigkeiten dieser beiden Reaktionen mit A_1 und A_2, so erhält man also die Gleichungen

$$C + CO_2 = 2\,CO + A_1$$
$$2\,CO + O_2 = CO_2 + A_2$$

und durch Addition dieser beiden Gleichungen die gesuchte Arbeitsfähigkeit der Kohlenstoffverbrennung

$$C + O_2 = CO_2 + A_1 + A_2.$$

Auf diese Weise berechnet sich nach *Nernst* $A_1 + A_2$ bei 1000° C. = 94 660 cal, während die Verbrennungswärme des C bei Zimmertemperatur nur wenig mehr, nämlich 97 560 cal beträgt. Man sieht also auch aus diesem Beispiel, daß bei den wichtigen Brennstoffen die freie Energie der Gesamtenergie sehr nahe gleich kommt.

Um die Arbeitsfähigkeit der Kohlenwasserstoff-Verbrennungen zu berechnen, wie sie für den Betrieb der Benzin- und Ölmotoren usw. maßgebend ist, müßte man zunächst die maximale Arbeit berechnen, die zur Zerlegung des Kohlenwasserstoffs in elementaren Kohlenstoff und Wasserstoff notwendig ist und diese Arbeitsgröße von der freien Energie der Kohlenstoff- und Wasserstoffverbrennung in Abzug bringen. Nach unseren bisherigen Kenntnissen ist diese Größe, die im allgemeinen nicht quantitativ bekannt ist, jedoch relativ klein gegen die bei der Verbrennung zu gewinnende Arbeit, da die gegenseitige Affinität des Wasserstoffs und Kohlenstoffs viel kleiner ist als die Affinität beider Elemente zum Sauerstoff. Man wird daher schätzungsweise für die Berechnung des Nutzeffekts von mit Kohlenwasserstoffen betriebenen Motoren so verfahren dürfen, als wenn der verwendete Brennstoff aus einer Mischung von Kohlenstoff und Wasserstoff bestände.

Einen zweiten Weg zur Berechnung der maximalen Arbeitsfähigkeit chemischer Reaktionen bietet das von *Nernst* vor einigen Jahren aufgestellte neue Wärmetheorem, welches die Bestimmung eines Gleichgewichtes überflüssig machen und die Berechnung der freien Energie aus der Gesamtenergie und ihrer Temperaturabhängigkeit, bzw. aus den spezifischen Wärmen der an der Reaktion teilneh-

[1]) R ist die sogenannte Gaskonstante, ln der natürliche Logarithmus.

[2]) Lehrb. d. Thermochemie und Thermodynamik, Berlin. Verlag von Jul. Springer 1912, S. 247.

[3]) Bei der Berechnung von A ist angenommen worden, daß H_2 und O_2 von je 1 at Druck sich zu Wasserdampf von 1 at Druck vereinigen.

menden Stoffe ermöglichen soll. Das Theorem beruht kurz auf folgendem Gedankengange: Wie der zweite Hauptsatz der Thermodynamik lehrt, ist die Arbeitsfähigkeit einer chemischen Reaktion im allgemeinen nicht gleich seiner Reaktionswärme, wie es das *Berthelotsche* Prinzip irrtümlich verlangt hatte. Erfahrungsgemäß sind jedoch bei vielen Stoffen beide Größen, freie Energie und Gesamtenergie, nur wenig voneinander verschieden; und diese Übereinstimmung ist um so besser, je tiefer die Temperatur ist. Man kann daher die Hypothese aufstellen, daß bei sinkender Temperatur beide Größen einander immer näher kommen und bei Annäherung an den absoluten Nullpunkt der Temperatur kontinuierlich ineinander übergehen. Auf Grund dieser Hypothese hat *Nernst* eine Reihe von Gleichungen aufgestellt, die für feste, flüssige und gasförmige Stoffe die freie Energie der Reaktion aus calorimetrisch bestimmbaren Größen zu berechnen gestatten. Bei denjenigen Reaktionen, deren Gleichgewicht direkt bestimmt werden kann, hat die Berechnung zur völlig befriedigenden Übereinstimmung mit der Erfahrung geführt, so daß ihre Anwendung auf sämtliche anderen Reaktionen durchaus berechtigt ist.

Diese maximale Arbeit, die der während der Reaktion eintretenden Änderung der freien Energie entspricht, könnte von einer Maschine geleistet werden, welche in allen ihren Teilen völlig umkehrbar arbeitet und jeglichen irreversiblen Vorgang, also jeden Wärmeübergang durch Strahlung oder Leitung, jede explosionsartig verlaufende chemische Reaktion, jede Diffusion von Gasen und Lösungen usw. vermeidet. Es ist ohne weiteres klar, daß alle unsere Wärmekraftmaschinen von diesem Ideal recht weit entfernt sind, da sie durchweg auf folgendem Prinzip beruhen: Durch die Verbrennung des Brennstoffes, sei es, daß diese im Kessel der Dampfmaschine oder im Zylinder des Explosionsmotors vor sich geht, wird zunächst eine ziemlich hohe Temperatur erzielt. Diese bewirkt, daß die im Zylinder befindlichen, durch einen beweglichen Kolben abgeschlossenen Dämpfe oder Gase einen erhöhten Druck erhalten, der den Kolben fortschiebt und durch Übertragung auf das Schwungrad der Maschine die gewünschte Arbeit leistet. Sowohl die Verbrennung selbst wie die von den hoch erhitzten Räumen ausgehende Strahlung und Leitung sind irreversible Vorgänge; ihr Auftreten in der Maschine setzt also deren Nutzeffekt herab und bewirkt, daß dieser bei allen technisch gebräuchlichen Maschinen weit unter 100 % liegt.

Nernst hat in seinem Vortrage eine allerdings hypothetische Maschine skizziert, die nahezu den vollen wissenschaftlichen Nutzeffekt von 100 % geben sollte. Man komprimiert Wasserstoff und Sauerstoff getrennt adiabatisch, d. h. in für Wärme undurchlässigen Gefäßen, und zwar so stark, daß sie sich durch die Kompressionswärme bis weit oberhalb der Dissociationstemperatur des Wasserdampfes erhitzen (ca. 4500 ° C.). Dann vermischt man die beiden hoch erhitzten Gase; hierbei tritt aus dem eben angegebenen Grunde keine chemische Reaktion, d. h. keine Wasserdampfbildung ein. Nunmehr expandiert man dieses Gemisch wiederum adiabatisch; seine Temperatur sinkt, und es tritt daher allmähliche Vereinigung der beiden Gase zu Wasserdampf ein. Die hierbei auftretende Reaktionswärme bewirkt aber, daß die Temperatur und der Druck langsamer sinken, als dies bei einem nicht reagierenden Gase der Fall sein würde; also auch langsamer, als sie bei der Kompression gestiegen waren. Bei der Expansion des reagierenden Gases kann also ein größerer Druck überwunden und daher mehr Arbeit geleistet werden, als zur Kompression der einzelnen Gase Wasserstoff und Sauerstoff aufgewendet wurde.

Der Wirkungsgrad aller technisch ausgeführten Wärmekraftmaschinen ist, wie bereits oben ausgeführt, viel kleiner als der dieses hypothetischen Modells, in welchem alle irreversiblen Vorgänge, mit Ausnahme der mit nur geringem Arbeitsverlust verknüpften Diffusion der beiden komprimierten Gase, ausgeschaltet sind. Will man den Nutzeffekt der gebräuchlichen Arbeitsmaschinen theoretisch berechnen, so muß man die in ihnen auftretenden typisch irreversiblen Vorgänge bei der Berechnung außer acht lassen und darf nur die wenigsten angenähert reversibel verlaufenden berücksichtigen. Um dies an einem Beispiel zu erläutern, wollen wir einen typischen im Viertakt arbeitenden Gas- oder Benzinmotor ins Auge fassen.

Während des ersten Kolbenhubes wird in den Zylinder ein Gemisch von Luft mit dem brennbaren Gase (Leuchtgas, Benzindampf usw.) hineingesaugt. Beim Rückgang des Kolbens wird dieses Gemisch komprimiert und erhitzt, und wenn der Kolben seine Anfangsstellung erreicht hat, durch einen Funken zur Explosion gebracht. Hierbei steigt die Temperatur auf den hohen Wert T_1 und der Druck des hoch erhitzten Gasgemenges drückt den Kolben unter Arbeitsleistung heraus. Während dieser Phase kühlt sich das Gas sowohl durch seine eigene Arbeitsleistung wie durch die Wirkung des dauernd fließenden Kühlwassers auf eine niedere Temperatur T_2 ab. Dieses abgekühlte Gas wird in der 4. Phase durch den Rückgang des Kolbens zum Auspuff herausgestoßen, und das Spiel beginnt mit dem Ansaugen eines frischen Gasgemisches von neuem. Wenn wir von der irreversibel verlaufenden Explosion absehen, besteht also der in der Maschine verlaufende Vorgang darin, daß der Wärmeinhalt des auf T_1 hocherhitzten Gases teils in Arbeit verwandelt, teils bei T_2 an das Kühlwasser abgegeben wird. Bezeichnen wir die durch die Explosion erzeugte Wärmemege mit Q_1, die an das Kühlwasser abgegebene durch Q_2 und die geleistete Arbeit mit $A = Q_1 - Q_2$, so kann eine derartige Maschine bei Ausschaltung der Verluste durch Strahlung, Leitung und Reibung nach dem 2. Hauptsatz maximal die Arbeit $A = Q_1 \cdot \frac{T_1 - T_2}{T_1}$ leisten.

Die Thermodynamik weist uns also den Weg, den man einschlagen muß, um diesen Nutzeffekt möglichst zu vergrößern. Man muß die Temperatur T_1 so hoch und die Temperatur T_2 so niedrig wie irgend möglich machen.

Die niedrigere Temperatur T_2 ist im allgemeinen durch die Temperatur des Kühlwassers als nahe der gewöhnlichen Zimmertemperatur liegend gegeben, der höheren Temperatur T_1 ist durch konstruktive Gesichtspunkte und die Rücksicht auf die Betriebssicherheit eine obere Grenze gesetzt. Aus der obigen thermodynamischen Grundgleichung erkennt man, daß die Dampfmaschine einen äußerst geringen Nutzeffekt besitzt. Denn als arbeitsliefernde Temperatur ist nicht die des Feuerungsraumes, sondern die des Kessels, d. h. des siedenden Wassers in Rechnung zu setzen, weil der Wärmeübergang von der Feuerung zum Kessel irreversibel erfolgt, also für Niederdruckmaschinen etwa 100 ° C. Setzt man die Temperatur des Kondenswassers = 30 ° C., so erhält man als maximalen Nutzeffekt $A/Q = \frac{100 - 30}{100 + 273} = 18{,}8\,\%$. Der tatsächliche Nutzeffekt ist naturgemäß stets viel geringer.

Bei den Verbrennungsmotoren herrscht innerhalb des arbeitenden Zylinders die Temperatur der Verbrennungsgase, die wenigstens momentan viele Hundert Grad Celsius beträgt, ihr Nutzeffekt muß daher viel größer sein als der der Dampfmaschinen. Allerdings ist zu berücksichtigen, daß ein großer Teil der während der Explosion erzeugten Wärme an die Wandung des Zylinders abgegeben wird und daher für die Arbeitsleistung verloren geht.

Um die Temperatur innerhalb des Zylinders möglichst hoch kommen zu lassen, müßte man theoretisch folgendermaßen verfahren: 1. müßte man das brennbare Gas mit der zur Verbrennung gerade notwendigen Menge Luft vollständig vermischen, damit die Verbrennung möglichst momentan restlos eintritt und damit keine überflüssige Luftmenge mit erhitzt wird; 2. müßte man das Reaktionsgemisch vor der Zündung möglichst stark komprimieren, damit die Zündung in einem stark vorgewärmten Gas vor sich geht. Die strikte Befolgung dieser Richtlinien ist jedoch praktisch nicht durchführbar. Die Kompression vor der Zündung darf nämlich, besonders bei den leicht entflammbaren Brennstoffen, wie Benzin und an Wasserstoff reichen Heizgasen, nicht sehr hoch getrieben werden, damit nicht eine vorzeitige Spontanzündung eintritt, und die völlige Durchmischung der „Ladung" ist wegen der Kürze der Zeit, während welcher sich ihre Komponenten vor der Zündung im Zylinder befinden, eine technische Unmöglichkeit. Deswegen muß man dafür sorgen, daß wenigstens jedes Brennstoffteilchen genügend Sauerstoff zur raschen Verbrennung zur Verfügung hat und einen beträchtlichen Überschuß an Luft verwenden, der allerdings dann als Ballast dient und die Arbeitstemperatur herabsetzt.

Wie man aus diesen Überlegungen sieht, muß es der Geschicklichkeit des Konstrukteurs überlassen werden, für jeden speziellen Zweck die günstigsten Arbeitsbedingungen auszuarbeiten. Im besonderen ist darauf zu achten, daß ortsfeste und Fahrzeugmaschinen, Maschinen mit niederer oder hoher Tourenzahl dem Maschinenbauer gänzlich verschiedene Aufgaben stellen, ebenso die älteren Viertakt- und die neueren Zweitaktmaschinen, bei denen die verbrannte Ladung unmittelbar nach dem Arbeitshube durch besondere Hilfspumpen ausgespült und durch die frische Ladung ersetzt wird.

Vom thermodynamischen Standpunkt besitzt der *Diesel*motor den besten Wirkungsgrad (ca. 30 %), da er die höchsten Arbeitstemperaturen benutzt. Bei dieser Maschine wird während der ersten beiden Phasen des oben beschriebenen Viertaktes nur Luft eingesaugt und komprimiert. Da auf diese Weise die Gefahr einer vorzeitigen Explosion vermieden wird, kann die Kompression und Erhitzung viel höher getrieben werden als bei den anderen Verbrennungsmotoren. In den hoch erhitzten Raum wird dann durch ein oder mehrere Düsen flüssiger Brennstoff (Petroleum, schwere Öle) mittels Druckluft eingespritzt und hierdurch zur Selbstentzündung gebracht. Die enorme Temperatursteigerung konnte allerdings erst technisch nutzbar gemacht werden, nachdem die Überwindung zahlreicher konstruktiver Schwierigkeiten gelungen war.

Während die älteren Wärmekraftmaschinen durchweg die hin und her gehende Bewegung des Kolbens durch eine Kurbel in die Rotationsbewegung des Schwungrades umsetzen, beruhen die sogenannten „Turbinen" auf einem anderen Prinzip: In ihnen wird die strömende Energie des sich ausdehnenden Gases oder Dampfes ähnlich wie die des fließenden Wassers unmittelbar auf ein Laufrad übertragen. Vom thermodynamischen Standpunkte bieten die Turbinen keine Vorteile gegenüber den Kolbenmaschinen, sondern höchstens solche konstruktiver Art. So hat die Dampfturbine ja bekanntlich besonders für große Anlagen den Wettbewerb mit dem älteren Typ erfolgreich aufgenommen, während der Gasturbine dies bisher noch nicht in nennenswertem Maße gelungen zu sein scheint.

Neben den Wärmekraftmaschinen kennt die Technik noch ein anderes Verfahren, chemische Energie von brennbaren Stoffen in Bewegungsenergie umzusetzen, nämlich das Abbrennen von Sprengstoffen und Schießpulvern verschiedenster Art. Auf den ersten Blick scheint auch der in einem Gewehr oder Geschütz sich abspielende Vorgang eine weitgehende Ähnlichkeit mit der Arbeitsweise eines Explosionsmotors zu besitzen. Die Seele des Geschützes entspricht dem Zylinderraum des Motors, die Pulverladung der explosiblen Mischung von Brennstoff und Luft, das Geschoß dem vorgehenden Kolben. Bei der Beurteilung des thermisch-mechanischen Wirkungsgrades ist jedoch der gänzlich verschiedene Zweck beider Maschinen zu berücksichtigen. Vom Motor verlangt man dauernde gleichmäßige Leistung von Arbeit, vom Geschütz dagegen einmalige oder wenigstens nur in bestimmten größeren Intervallen wiederkehrende Wirkung größtmöglicher Intensität.

Trotz dieser Unterschiede scheint zunächst der Nutzeffekt z. B. eines modernen Infanteriegewehres angenähert gleich groß zu sein wie der eines guten Dieselmotors, wenn man den Nutzeffekt definiert als das Verhältnis der Mündungsenergie zu der Wärmemenge, die beim Abbrennen der Pulverladung

entwickelt wird. Beim Infanteriegewehr M 98 besitzt die Pulverladung von 3,2 g einen Energieinhalt von 2762 cal = 1170 mkg. Das Geschoß besitzt beim Austritt aus der Mündung eine kinetische Energie von 386 mkg = 32,5 %. Etwa zwei Drittel dieses Betrages geht ferner als Wärme und Rückstoßenergie an das Gewehr selbst, der übrige Teil der Energie wird mit den Pulvergasen ausgestoßen. Weit ungünstiger wird allerdings diese Bilanz, wenn man berücksichtigt, daß es ja bei einem Geschoß nicht auf die Energie ankommt, die es beim Austritt aus der Mündung des Geschützes besitzt, sondern auf die, die es beim Auftreffen noch übertragen kann. Beim Infanteriegewehr verliert die Kugel während einer Flugbahn von 1100 m in einer Zeit von 2,4 Sekunden infolge des Luftwiderstandes aber 90 % ihrer Energie, so daß der wirkliche Nutzeffekt des Infanteriegewehres in dieser Entfernung nur 3,5 % und seine Aufschlagsenergie nur noch 40 mkg beträgt. Allerdings genügt dieser Wert noch, um Mensch und Pferd zu töten.

Wesentlich andere Zahlen erhält man natürlich für die großkalibrigen Geschütze. Welch ungeheure Energiemengen in den modernen Schiffsgeschützen ausgelöst werden, erkennt man z. B. aus folgendem Beispiel. Das 620 kg schwere Geschütz einer 35,5-cm-Marinekanone, das mit einer Pulverladung von 255 kg abgefeuert wird, besitzt an der Mündung etwa dreimal so viel Energie wie ein D-Zug, bestehend aus Lokomotive mit Tender, Gepäckwagen und vier 6-achsigen D-Wagen, der mit einer Geschwindigkeit von 90 km in der Stunde fährt. Diese Energie wird von den Pulvergasen in $^1/_{100}$ Sek. erzeugt. Denken wir uns, daß eine Arbeitsmaschine dieselbe Wirkung dauernd hervorbringen könnte, so müßte sie eine Leistungsfähigkeit von 17 Millionen Pferdestärken besitzen. Da jedoch das Geschützrohr nach etwa 100 Schüssen unbrauchbar wird, so hat es, als Arbeitsmaschine betrachtet, nur 1 Sekunde gearbeitet. Diese 100 Schuß kosten 300 000 Mark. Dieselbe Arbeit wird von einer 100 pferdigen Dampfmaschine in 44 Stunden geleistet, was bei Kohlefeuerung nur etwa 70 Mark kostet. Außerdem bleibt die Dampfmaschine nach dieser Leistung erhalten. Dieses Beispiel zeigt deutlich, daß für die Beurteilung der Leistung von Geschoßtreibmitteln und Sprengstoffen ganz andere Gesichtspunkte maßgebend sein müssen als bei den Wärmekraftmaschinen.

Auf zahlreiche interessante Einzelheiten des Cranzschen Vortrages, der durch kinematographische Vorführungen von Geschoßwirkungen erläutert wurde, kann an dieser Stelle nicht eingegangen werden.

Auch die Arbeitsleistung der Menschen und Tiere ist die Folgewirkung chemischer Reaktionen, und zwar ähnlich wie die der Wärmekraftmaschinen die Folge von Verbrennungen oder Oxydationen, die im lebenden Organismus vor sich gehen. Auf Grund dieser Erkenntnis hat man schon vor längerer Zeit versucht, den thermisch-mechanischen Wirkungsgrad des Muskels zu bestimmen. *Fick* hat zu diesem Zwecke die bei der Kontraktion geleistete Arbeit und gleichzeitig die frei werdende Wärme gemessen und einen Wirkungsgrad von etwa 30 % gefunden, was durch neuere Arbeiten von *Zuntz* wenigstens ungefähr bestätigt wurde. Dieser Betrag kommt dem Nutzeffekt der besten neueren Verbrennungsmotoren etwa gleich. Tatsächlich ist jedoch die Wirkungsweise des Muskels noch eine viel günstigere. Es konnte nämlich festgestellt werden, daß Arbeitsleistung und Wärmeentwicklung im tätigen Muskel nicht gleichzeitig eintreten, sondern daß ein zum mindesten sehr erheblicher Anteil der Wärmeentwickelung erst nach erfolgter Kontraktion einsetzt, sodaß der Wirkungsgrad des arbeitenden Muskels zweifellos viel größer als 30 %, möglicherweise also nahezu 100 % ist, oder mit anderen Worten, daß im arbeitenden Muskel nahezu die ganze abgegebene Energie in Arbeit verwandelt wird. Dies beweist, daß der Muskel nicht als thermodynamische Maschine aufzufassen und den Wärmekraftmaschinen an die Seite zu stellen ist. Denn wie die thermodynamische Grundgleichung (S. 1140) lehrt, sind nur Erzielung eines so großen Nutzeffektes extrem hohe Temperaturen erforderlich, wie sie im lebenden Organismus auch an lokal eng begrenzten Stellen niemals auftreten können. Der arbeitende Muskel ist vielmehr eher einem galvanischen Element zu vergleichen, in welchem die chemische Energie der den Strom erzeugenden chemischen Umsetzungen gleichzeitig teils in Arbeit, teils in Wärme verwandelt wird. *Höber* bezeichnet daher mit *Fick* den Muskel als eine chemodynamische Maschine.

Es entsteht nun die Frage, welche chemischen Vorgänge die Kontraktion und daher die Arbeitsleistung des Muskels hervorrufen. Zweifellos ist die Hauptarbeitsreaktion in der Bildung von Milchsäure zu sehen, man weiß allerdings noch nicht genau, woraus die Milchsäure entsteht; Traubenzucker oder Glykogen kommen als direkte Vorstufe nicht in Frage. Während der Erholung (Erschlaffung) des Muskels verschwindet die Milchsäure wieder, unter gleichzeitiger Aufnahme von Sauerstoff und Abgabe von Kohlendioxyd. Es ist jedoch nicht anzunehmen, daß die Erholung in einer einfachen Verbrennung der Milchsäure besteht; wahrscheinlich wird der Milchsäurebildner, wenigstens zum Teil, zurückgebildet, und die hierzu notwendige Energie wird von einer gleichzeitig verlaufenden Oxydation geliefert. Die Regeneration des Milchsäurebildners ist also mit einer noch nicht näher bekannten Oxydationsreaktion „gekoppelt".

Die soeben entwickelten Anschauungen können jedoch nur als eine Erklärung des Muskelvorganges betrachtet werden, wenn man physikalisch glaubhaft machen kann, daß die Bildung der Milchsäure eine Kontraktion des Muskels verursachen muß. Hier setzt nun die schon vor 40 Jahren von *Engelmann* vertretene Quellungstheorie der Muskelkontraktion ein. *Engelmann* bewies experimentell, daß jede optisch isotrope Gallerte bei der Quellung, d. h. bei der Wasseraufnahme, nach allen Dimensionen gleichmäßig wächst; ein solcher Faden verlängert sich und verdickt sich also zugleich. Ein durch Spannung optisch anisotrop gemachter Faden aber verkürzt sich bei der Quellung unter Verdickung, wobei seine Anisotropie abnimmt. Da nun die

Muskelfasern anisotrop sind, so müssen sie sich bei der Wasseraufnahme verkürzen. Ferner wurde gezeigt, daß Erwärmung und Ansäuerung eine derartige Quellung in reversibler Weise hervorrufen, daß man also die Mittel, deren sich die Natur bei der Muskelaktion bedient, in willkürlicher Weise im Laboratorium mit gleichem Erfolge anwenden kann.

Als weitere Stütze der Quellungstheorie führt *Höber* die folgenden Tatsachen an: Wie *Pauli* nachgewiesen hat, nimmt die Quellung mit wachsender Säurekonzentration erst zu und dann wieder ab. Diese Erscheinung beobachten wir bei der Totenstarre. Während nämlich im ruhenden lebenden Muskel die stets in geringem Maße gebildete Milchsäure durch den Blutkreislauf und durch Oxydation fortgeschafft wird, sodaß es nicht zu einer merklichen Kontraktion kommt, häuft sie sich im abgestorbenen Muskel an, bis Kontraktion und Starre einsetzt. Schließlich wird ihre Menge jedoch so groß, daß wieder Entquellung und Ausflockung des Muskeleiweißes eintritt.

Auch die energetischen Verhältnisse des Muskels stehen mit dieser Quellungstheorie im Einklang. Wie besonders *Katz* neuerdings nachgewiesen hat, gelten für die gegenseitige Durchdringung von Wasser und Kolloid bei der Quellung die gleichen Gesetze wie bei der Vermischung zweier mischbarer Flüssigkeiten, z. B. Schwefelsäure und Wasser. Die gequollenen Kolloide sind daher als konzentrierte Lösungen anzusprechen und kommen als solche den idealen konzentrierten Lösungen (nach *Nernst*) nahe. Diese sind aber dadurch gekennzeichnet, daß bei ihrer Verdünnung ihre gesamte Energie ohne Wärmeentwicklung in Arbeit umgesetzt werden kann. Wäre also der Muskel exakt eine ideale konzentrierte Lösung und würde die Quellung (Kontraktion) vollkommen reversibel vor sich gehen, so dürfte sie von gar keiner Wärmeentwicklung begleitet sein und müßte den Nutzeffekt 100 % geben. Jedenfalls wird der hohe tatsächlich beobachtete Nutzeffekt der Muskeltätigkeit dadurch, daß man sie als Quellung anspricht, befriedigend erklärt. Allerdings muß natürlich ausdrücklich betont werden, daß wir trotz dieser Erfolge noch keine lückenlose Erkenntnis vom Wesen der Muskeltätigkeit und ihrer einzelnen Phasen besitzen.

Kausale und konditionale Weltanschauung.

Von Dr. M. Kronenberg, Berlin.

Wenn der Geist der Menschen, sagt *Seneca* einmal, von gewissen Dingen lebhaft beschäftigt wird, so gehen oft zunächst nur *Worte* um (Si res animum occupavere, verba ambiunt). Solche Worte deuten dann nur wie von ferne auf die Sache selbst hin, ohne sie klar zu bezeichnen, sie sind aus der Unruhe geboren, welche das noch unklar verworrene Neue, das man mehr ahnt als begreift, erzeugt, sie bilden aber so eine erste, oftmals nicht unwichtige, Etappe, dieses Neue allmählich aufzuhellen, zu klären und im Geiste zu befestigen.

An das Wort *Senecas* wird man lebhaft erinnert, wenn man sich etwas näher mit einem Gelehrtenstreit befaßt, der schon seit geraumer Zeit um die sogenannte kausale und konditionale Weltanschauung geführt wird. Dieser Streit hat ja seine Wellen auch schon bis in die Spalten der vorliegenden Zeitschrift geworfen — denn die Kontroverse über „Ursachen und Bedingungen", an der die Herren *Tendeloo, Finkelstein, Seyler* und *Kronenberg* teilnahmen, hat eben dasselbe Thema zum Gegenstand[1]). Allerdings wird es hier nur von einer gewissen Seite her, hauptsächlich unter dem Gesichtspunkte einer begrifflichen Bestimmung von „kausal" und „konditional", berührt, aber doch, namentlich in dem ersten, die Kontroverse einleitenden Aufsatze von Prof. *Tendeloo* nicht ohne Ausblick auf die Gesamtheit der hier in Frage kommenden Probleme. Um so interessanter aber ist es jedenfalls für die Leser dieser Zeitschrift, von der Streitfrage in ihrer gesamten Ausdehnung und auch nach ihrem Ursprung ein deutliches Bild zu gewinnen. Und dazu bietet sich Gelegenheit durch eine soeben erschienene kleine Schrift von *Wilhelm Roux*, dem Hallenser Physiologen, welche unter dem Titel „Kausale und konditionale Weltanschauung" sich in scharfer Abwehr gegen eine im vorigen Jahre erschienene gleichbetitelte Schrift des Bonner Physiologen *Max Verworn* richtet[2]). Offenbar hängen mit diesem Streite auch die Ausführungen von Prof. *Tendeloo* in Heft 7 dieser Zeitschrift vielfach eng zusammen.

Den deutlich erkennbaren Ursprung dieses Streites hat man wohl in einem Schriftchen über die Erforschung des Lebens zu erblicken, das *Verworn* im Jahre 1907 veröffentlicht hat[3]). Hier heißt es gleich im Vorwort: „Es war meine Absicht, zu zeigen, daß es nötig ist, den unklaren Kausalbegriff, der nicht weniger Mystik in sich birgt als der Zweckbegriff, ganz aus der Betrachtung der Lebensäußerungen, wie überhaupt aus dem wissenschaftlichen Denken, zu entfernen, und die Lebensvorgänge lediglich unter dem Gesichtspunkte eines konsequenten *„Konditionismus"*, wenn ich dieses Wort bilden darf, zu analysieren. Die konditionale Betrachtungsweise der Welt scheint mir die einzige wissenschaftliche Betrachtungsweise zu sein, weil wir ja die Dinge nur in der Gestalt von gegenseitigen Abhängigkeitsbeziehungen, also in der Form von Bedingungskomplexen, wahrnehmen." Und weiter auf Seite 9 derselben Schrift: „Es hat etwas Beruhigendes, wenn man glaubt, *„die Ursache"* eines Vorganges nachgewiesen zu haben. So war es auch beim Vitalismus. Man sah „die Ursache" der Lebensäußerungen in der Lebenskraft. Das war

[1]) Vgl. Heft 7 sowie Heft 15, S. 360, u. Heft 21, S. 504 der „Naturwissenschaften".

[2]) Kausale und konditionale Weltanschauung. Von *Max Verworn*, Bonn. (Jena 1912, Gustav Fischer.) — Über kausale und konditionale Weltanschauung und deren Stellung zur Entwicklungsmechanik. Von *Wilhelm Roux*, Halle a. S. (Leipzig 1913, Wilh. Engelmann.)

[3]) Die Erforschung des Lebens. Ein Vortrag von *Max Verworn*. 2. Aufl. 1911. (Jena, Gustav Fischer.)

einfach, bequem und beruhigend. Man macht sich aber nicht klar, daß man Mystik treibt, wenn man sich vorstellt, daß jeder Vorgang *„eine Ursache"* haben müsse. In Wahrheit gibt es keinen Vorgang in der Welt, der nur durch einen einzigen anderen bestimmt wäre. Jeder Vorgang ist stets von einer größeren Zahl anderer Vorgänge abhängig, und es liegt eine unberechtigte Willkür darin, einen von diesen als etwas Besonderes hervorzuheben und ihm die geheimnisvolle Bedeutung einer „Ursache" beizulegen." —

Die in vorstehenden Worten bereits programmatisch skizzierte Auffassung hat nun *Verworn* in der Schrift „Kausale und konditionale Weltanschauung" ausführlicher entwickelt, zugleich in einer erweiterten Bedeutung und Anwendung auf gewisse Fragen der Naturerkenntnis und der Weltanschauung. Wenn man von dieser spezielleren Anwendung hier zunächst absieht, so läßt sich die Grundanschauung *Verworns* in ein paar Thesen etwa so kurz formulieren:

1. Der Begriff der Ursache ist *mystischen*[1]) Ursprungs, entstanden auf prähistorischer Kulturstufe, namentlich im Zusammenhang mit den ersten Regungen spekulativen Geistes am Ausgang des Paläolithikums und Neolithikums. Der Begriff der Ursache steht so, nach diesem seinem Ursprung, in einer Reihe und hängt aufs engste zusammen mit dem Seelen- und dem Gottesbegriff.

2. Das eigentliche Kriterium des Begriffs der Ursache ist, daß diese nur in der *Einzahl* vorkommt. Jeder Vorgang hat „seine Ursache", wir suchen *„die"* Ursache eines Vorgangs oder einer Erscheinung.

3. Der so beschaffene Begriff der Ursache würde voraussetzen, daß die Wirklichkeit in isolierte Teilsysteme zerfiele, daß sie diskontinuierlich wäre. In Wahrheit aber ist an der durchgängigen *Kontinuität* alles Wirklichen ein Zweifel nicht möglich. „Jeder Zustand oder Vorgang in der Welt wird daher in seiner spezifischen Existenz durch zahlreiche andere Zustände und Vorgänge bestimmt und würde beim Fehlen auch nur eines der Faktoren, von denen er abhängig ist, in seiner spezifischen Form nicht vorhanden sein."

4. Die Gesamtheit der Faktoren, welche in kontinuierlicher Verknüpfung einem Vorgang zugeordnet sind, bezeichnen wir als seine *Bedingungen*.

5. Von den Bedingungen ist nun nicht die eine (in diesem Sinne „die" Ursache) besonders ausgezeichnet und den anderen übergeordnet, vielmehr sind alle Bedingungen *äquivalent*.

6. Ein Vorgang ist gleich der Summe seiner Bedingungen. Ihn wissenschaftlich erklären heißt also, *alle* seine Bedingungen erkennen.

* * *

Gegen diese Darlegungen *Verworns* nun wendet sich *Wilhelm Roux* in sehr entschiedener Weise. Am wenigsten befaßt der letztere sich zunächst mit dem behaupteten *mystischen* Ursprung und Charakter des Ursachen-Begriffs, am allerwenigsten mit der so beneidenswert sicheren chronologischen Fixierung dieses Begriffs, dessen Ursprung *Verworn* in das Neolithikon setzt. Gegen diese letztere Behauptung, auch wenn man sie als richtig annehmen wollte, hätte sich von vornherein schon der Einwand richten können, daß sie in keiner Richtung etwas beweist. Denn ein Anderes sind die zeitlichen Entwicklungsstufen eines Begriffs, ein Anderes der allen diesen Entwicklungsstufen immanente zeitlose Inhalt. Gilt dies schon für zahlreiche empirische Begriffe, so erst recht für einen Erkenntnisbegriff wie den der Ursache, der aller Erkenntnis, also auch allen zeitlichen Erkenntnisformen, vorausgeht, also von diesen so wenig abhängig und durch sie erklärbar ist, daß, gerade umgekehrt, diese durch ihn erst möglich und erklärbar werden. Denn, wie *Kant* in den Eingangsworten seiner „Kritik der reinen Vernunft" sagt, wenn auch alle Erkenntnis mit der Erfahrung anhebt, so entspringt doch eben nicht alle aus der Erfahrung. Gesetzt also auch, die Zeiten des Neolithikons hätten den Ursachen-Begriff mystisch aufgefaßt, so ist damit noch in keiner Weise ausgemacht, daß er in der Tat auch seinem Wesen nach mystisch sei und bleiben müsse.

Wichtiger aber als diese geschichtlich-genetische Frage, der *Roux* keine wesentliche Aufmerksamkeit widmet, ist in der Tat die Prüfung dessen, worin *Verworn* das eigentliche Kriterium des Mystischen im Ursachen-Begriff, auch dem, der heute noch gehandhabt wird, zu finden meint: daß nämlich überall nur nach *„der"* Ursache gefragt werde, diese also nur in der Einzahl gegeben sei. Dieses „nur" ist freilich eine durchaus irrtümliche Supposition *Verworns*, wie sich noch weiterhin zeigen wird. Aber allerdings *kann* der Begriff der Ursache als bloßer Singularis gebraucht werden und wird sehr oft so gebraucht. Indessen geschieht das auf sehr verschiedene Arten, deren Differenz *Verworn* ganz vernachlässigt, übrigens auch *Roux* nicht hinreichend genug beachtet und betont hat.

Zunächst freilich gibt es, darin muß man *Verworn* zustimmen, eine noch unentwickelte, naive Vorstellungsweise, welche zu einer Erscheinung „die" Ursache, ausschließlich im Singularis, zu haben wünscht; die beide gleichsam durch einen Vorhang voneinander getrennt denkt. In dieser Art stellt sich etwa der Gläubige Gott als „die" Ursache der Welt, der Laie einen scharfen Luftzug als „die" Ursache einer Erkältung vor. Aber es wäre überflüssig, gegen eine solche Vorstellungsweise zu polemisieren, da sie mit dem wissenschaftlichen Denken nichts zu tun hat und innerhalb der wissenschaftlichen Arbeit nicht vorkommt, abgesehen von der — nur scheinbaren — Ausnahme, daß der Erkenntnistheoretiker da, wo er den Begriff der Ursache selbst zu bestimmen und zu analysieren hat, sich genötigt sehen kann, ihn zunächst, wie der Chemiker sein Metall, von allen Beimengungen zu befreien, ihn also, theoretisch wie in Beispielen, auf jene einfache singularische Form zu reduzieren, die sich in dem Verhältnis Ursache — Wirkung darstellt.

Etwas anderes ist es schon mit jener Auffassung

[1]) Gemeint ist offenbar: *mythischen* Ursprungs — eine nicht gerade seltene Verwechslung.

von „der" Ursache als bloßem Singularis, die, unter Beiseiteschiebung oder Vernachlässigung aller anderen mitbestimmenden Faktoren, lediglich den zeitlich letzten herausgreift und, unter dem Namen „die Ursache", gleichsam zu einer höheren Dignität und Würde erhebt. Allein auch das ist im Bereiche des wissenschaftlichen Denkens nicht möglich. Oder welcher Historiker wäre etwa naiv genug, um die Szene, die sich zwischen Wilhelm I. und Benedetti auf der Kurpromenade abspielte, als „die Ursache" des Krieges von 1870 anzusehen? Noch weniger versteht man es, daß *Verworn* diese seine Auffassung für die heutige Wissenschaft sogar als die *allgemein* geltende annimmt. Er sagt ausdrücklich: „Man findet *allgemein*, daß derjenige Faktor unter den zahlreichen Faktoren, von denen der Vorgang abhängig ist, als Ursache gilt, der zeitlich zuletzt zu den übrigen hinzutritt." Dazu bemerkt *Roux* ganz mit Recht: „Es wird vom Verfasser dargetan, daß diese letzte Auffassung nicht berechtigt ist. Das war allerdings für die Naturwissenschaft schon lange nicht mehr nötig. Ich glaube nicht, daß es einen kausalen Zweig der Naturwissenschaft gibt, in dem diese veraltete populäre Auffassung noch im Ernste Verwendung fände, auf den also des Autors obige Äußerung zuträfe, daß die heutige „Naturwissenschaft" der „Ursache" unter den sonstigen beteiligten Faktoren noch immer eine Sonderstellung einräumt und damit auch auf ihren exaktesten Gebieten noch immer einen Rest des alten Mystizismus fortzüchtet. Wohl kein verständiger Handwerker, geschweige denn ein Naturforscher oder Jurist, welch letzterem *Verworn* auch solche falschen Urteile unterstellt, denkt mehr in solcher Weise."

Endlich aber kann nun der Singularis *„die* Ursache" noch die Bedeutung haben, lediglich einheitlich — zusammenfassend eine Vielheit wirkender Faktoren zu bezeichnen. Daß ein solcher Gebrauch des Begriffs der Ursache auch in der Wissenschaft nicht nur zulässig, sondern auch unentbehrlich ist, wird wohl ernsthaft nicht bestritten werden können. Und so wie viele wirkenden Faktoren als „die" Ursache zusammengefaßt werden können, so kann man letztere wieder in ihre Komponenten, also die vielen Ursachen, zerlegen. Jedenfalls also ist dieser Pluralis ebenso zulässig, wie der Singularis, und es ist schlechterdings nicht einzusehen, was zur Beschränkung auf den letzteren zwingen sollte.

Noch weniger aber ist nun einzusehen, warum, wenn der Begriff der Ursache im Pluralis angewandt wird, er durch den der Bedingung ersetzt werden müßte. Vielmehr läßt sich umgekehrt leicht zeigen, wie es *Roux* tut, daß der Begriff der Bedingung dem der Ursache nicht über-, sondern untergeordnet ist, daß er also nicht wissenschaftlich mehr leistet, sondern weniger, und nicht größere Klarheit bringt, sondern Verwirrung stiftet. Denn Bedingung, kann man sagen, ist die Ursache unter einer gewissen Einschränkung: daß nämlich der Effekt, die Wirkung, bereits *voraus gedacht* ist, daher mit dem Begriffe der Bedingung in der Regel auch der Charakter des Negativen verknüpft ist (conditio sine qua non). Wo aber diese Einschränkung wegfällt, indem man vom vorausgedachten Effekt zum tatsächlichen Geschehen sich wendet, da tritt auch der ursprüngliche Ursachen-Begriff wieder in seine Rechte. „Die Bedingungslehre", sagt *Roux* mit Recht, „ist somit gleichsam nur eine chronologische Modifikation der Ursachenlehre: sie setzt zuerst ein bestimmtes Geschehen und fragt, welche Faktoren auf Grund der Kausalität zu ihm als Bewirkendes nötig sind; die Ursachenlehre setzt die Faktoren und ermittelt, welches Geschehen sie bewirken. Die Bedingungslehre ist daher bloß möglich auf Grund der Ursachenlehre; und sobald sie nicht *bloß* nach dem, was nötig ist, fragt, sondern auch die Hauptsache ermitteln will, wie dieses Nötige wirkt, schreitet sie zur Ursachenforschung fort, und ihr Ergebnis ist Ursachenlehre. . . . Die Konditionalität, das Bedingtsein, ist, wie die Gesetzmäßigkeit, bloß die Folge der Kausalität: Ohne Kausalität gäbe es auch keine Konditionalität! Dies macht die sekundäre Natur der Bedingung erst recht klar. . . . Wie soll bei dieser Sachlage die Bedingungslehre die tiefer eindringende Erkenntnis gewähren können als die Ursachenlehre, da das Bedingtsein bloß die Folge der Ursächlichkeit ist und alles Geschehen durch die Ursachen geschieht, da Bedingung bloß die Formulierung der Ursache bei rückwärtiger Betrachtung des Geschehens ist, da die Bedingungslehre somit bloß eine chronologische Modifikation der Ursachenlehre ist? Wo soll da eine Superiorität der Konditionalität über die Kausalität herkommen? Die Bedingungslehre ist nur angewandte Kausalität, und zwar auf die Herstellung von uns vorher gedachter, also bestimmter Vorgänge oder Ergebnisse angewandte Kausalität." „Indem unser Autor sagt, die wissenschaftliche Erforschung alles Seins und Geschehens kann lediglich bestehen in der Ermittelung seiner Bedingungen, sagt er damit weder etwas Neues, da es sich bei dieser Fassung eben nur um Vorgedachtes, Gegebenes handelt, noch aber, wie er glaubt, etwas gegen die Ursachenlehre Gerichtetes, diese Verwerfendes." *„Verworns* Lehre beruht in ihrer Bevorzugung der Bedingungslehre also einerseits auf einer veralteten, längst aus der Naturwissenschaft eliminierten, Mystisches enthaltenden Definition von Ursache, außerdem aber auf dem Verkennen der wahren Beziehung von Ursache und Bedingung."

Nun stattet *Verworn* aber schließlich seine Lehre, den „Konditionismus", wie er sie nennt, noch mit einer These aus, die, wenn sie zu Recht bestände, auch den „Kausalismus" von Grund auf ändern müßte: er behauptet nämlich die *Äquivalenz* aller Bedingungen eines Geschehens und stellt diesen Satz von der effektiven Äquivalenz der Bedingungen mit Nachdruck in den Mittelpunkt seiner Darlegungen. „Der äußere Reiz", so führt *Verworn* erläuternd aus, „der eine reflektorische Muskelkontraktion hervorruft, gilt als die Ursache für diese Reaktion; die Irritabilität der nervösen und muskulären Elemente, die schon existieren muß, ist nur eine Bedingung usf. Aber liegt denn in dem bloßen Umstande, daß einer der Faktoren, von denen

ein Vorgang abhängig ist, als letzter zu den anderen hinzutritt, ein Grund, diesem für das Zustandekommen des Vorgangs eine größere Bedeutung zuzumessen als den anderen? Ich meine, hiervon kann gar nicht die Rede sein. Es ist völlig gleichgültig, in welcher zeitlichen Reihenfolge sich die einzelnen Faktoren zusammenfinden, wenn sie nur sämtlich zu einem bestimmten Zeitpunkt und an einem bestimmten Ort vorhanden sind. . . . Jeder Vorgang oder Zustand ist bestimmt durch zahlreiche Bedingungen. Diese Bedingungen können sich zu sehr verschiedenen Zeiten an dem gegebenen Orte zusammenfinden, aber diese Bedingungen sind für das Zustandekommen des Vorgangs alle gleichwertig. . . . Die Unterscheidung von verschiedenwertigen Arten unter den bestimmenden Faktoren eines Vorgangs oder Zustandes, wie sie vielfach in der Gegenüberstellung von notwendigen und akzessorischen oder von wesentlichen und unterstützenden Bedingungen oder von eigentlichen Ursachen und Hilfsursachen zum Ausdruck kommt, beruht auf einer ungenauen und oberflächlichen Betrachtung der Dinge und führt zu einer gänzlich falschen Auffassung des Seins und Geschehens."

Was hat es mit dieser Äquivalenz der Bedingungen für eine Bewandtnis? *Roux* ist geneigt, diese These *Verworns* auf eine bloße Unklarheit, ja Konfusion des Denkens zurückzuführen. Der letztere habe sich vor allem einer Verwechslung und Konfundierung von Äquivalenz und *Äquinecessitas* schuldig gemacht: alle Faktoren eines Geschehens sind natürlich gleich *notwendig* — aber folgt daraus, daß sie auch gleich*wertig* sind? Ist es nicht gerade die Aufgabe aller wissenschaftlichen Erkenntnis, innerhalb der kausalen Verknüpfung so viel als möglich zu differenzieren, oder, anders ausgedrückt, die tatsächliche Differenzierung der wirkenden Faktoren anzuerkennen und zur Geltung zu bringen? In diesem Sinne erörtert auch *Roux* z. B. die spezifisch biologischen Kausalzusammenhänge in ihrer Differenzierung, und diese sind, wie er dazu bemerkt, „nur erst ein kleiner Teil der von mir als nötig erachteten und daher vorgenommenen allgemeinen kausalen Analyse des Entwicklungsgeschehens. Denn wir „oberflächlichen" kausalen Forscher müssen alle nur irgend etwas verschieden wirkenden Arten von Faktoren voneinander zu sondern suchen, obgleich diese Sonderungen für den „Konditionisten" „keine wahren Probleme" einschließen. Es kommen so zu den genannten Faktoren noch hinzu einmal die verschiedenartigen Faktoren jedes Geschehens überhaupt, auch des anorganischen Geschehens. Das sind die Faktoren des Orts, der Zeit des Beginns, der Dauer, der Größe, Intensität, Richtung und sonstigen Qualität des einzelnen Geschehens, und eventuell noch die Faktoren der Zahl der Vorgänge und ihrer Produkte. . . . Wir haben also noch Zeit-, Orts-, Größe-, Richtungs- und sonstige Qualitäts- sowie Zahlfaktoren zu unterscheiden. Und von jeder dieser Faktorengruppen ist wieder ihr Sitz und weiterhin ihre Beschaffenheit und eventuell ihre Aktivierung zu ermitteln . . . . Die kausale Forschung kann keine dieser Kategorien entbehren."

„Wenn die an einem Geschehen beteiligten verschiedenen Faktoren oder sogenannten Bedingungen nach *Verworn* in bezug auf ihren Effekt, also in ihrer Wirkungsweise, wirklich ‚äquivalent' wären, dann könnten wir sie überhaupt nicht ermitteln. Denn wir können die Faktoren nur ermitteln, *soweit* sie verschieden wirken, und nur *dadurch, daß* sie nach ihrer Art, ihrem Ort, ihrer Richtung, Größe *verschieden wirken*."

Roux resumiert sich also seinem Gegner gegenüber in scharfen Worten: *„Verworns neue strahlend helle Erkenntnis* des sogenannten ‚Konditionismus' ist, da sie infolge der angeblichen ‚effektiven Äquivalenz' der Faktoren auf die Erkenntnis der Wirkungsweisen und damit auch des Wirkenden selber, also der Faktoren, verzichten muß, das *absolute Dunkel*, in dem nichts erkennbar ist." Und weiterhin: „Da der ‚Konditionismus', wie der Autor mitteilt, bereits eine Gemeinde hat, so ist dies eine Gemeinde der Getäuschten, eine Gemeinde der durch die unrichtigen Angaben und Argumentationen des Autors Irregeführten."

* * *

Ist nun mit diesem scharfen Verdikt das letzte Wort gesprochen? Ich meine, nein! Vielmehr kann, ja es muß das negative Ergebnis, die Antikritik, hinsichtlich deren *Roux* ja in den Hauptpunkten beizustimmen ist, ergänzt werden durch ein positives Ergebnis. Daß es daran nicht fehlen wird, ist bei einem Forscher von der Bedeutung *Verworns* ja von vornherein anzunehmen. Und man findet es unschwer, wenn man zum Ausgangspunkte der Argumentationen zurückkehrt, die ihn zu den Thesen des sogenannten Konditionismus geführt haben.

Dieser Ausgangspunkt ist doch wohl die Beobachtung, daß der Kausalbegriff, so wie er heute in der Regel innerhalb der naturwissenschaftlichen Forschung aufgefaßt und angewandt wird, den Anforderungen eben dieser Forschung vielfach nicht genügt, daß er zu vielen Inkongruenzen, Unsicherheiten und Schwankungen, ja zu direkten Irrtümern Veranlassung gibt. Diese Tatsache kann ernsthaft nicht bestritten werden, und gäbe es keinen anderen Beweis, so wäre eben die ganze ablehnende Stellungnahme gegenüber dem Kausalbegriffe, zu der *Verworn* eben deshalb sich genötigt zu sehen glaubt, schon dafür hinreichend. Aber sein Irrtum liegt nun eben in der Interpretation jener Tatsache und den Folgerungen, die er daraus gezogen hat.

Die irrtümliche Interpretation *Verworns* besteht darin, daß er dem Kausalbegriffe selbst zur Last legte, was doch nur durch unzulängliche Auffassung und Handhabung dieses Begriffes, vor allem durch mangelnde erkenntnistheoretische Kritik verschuldet war. Was hat es mit der wissenschaftlichen Bewertung des Kausalbegriffs — der immer einer der Fundamentalbegriffe aller Erkenntnis war und bleiben wird — zu tun, wenn viele Naturforscher, denen Erkenntniskritik fern liegt, ihn auf gut Glück aufzunehmen pflegen, ohne scharfe

Fixierung, ohne Ausscheidung unklarer populärer Nebenvorstellungen und ohne genaue kritische Sonderung von den nächstverwandten Erkenntnisbegriffen? Wie verhängnisvoll auch gerade letztgenannte Unterlassung werden kann, zeigt das Beispiel *Verworns* selbst. Für seinen Konditionismus wäre es die erste und wichtigste Aufgabe gewesen, die Begriffe Ursache und Bedingung von anderen nächstverwandten Erkenntnisbegriffen klar zu sondern. Aber davon ist gar keine Rede. Vom Begriffe der Substanz z. B., einem der wichtigsten hierher gehörenden Begriffe, ist überhaupt keine Rede; über das Verhältnis von „Bedingung" und „Wesen" stellt er beiläufig den völlig falschen Satz auf: „Jeder Vorgang oder Zustand ist identisch mit der Summe seiner Bedingungen. Seine Bedingungen sind sein Wesen"; anderseits gründet er seinen „Konditionismus" auch auf den Satz von der „Kontinuität der Erscheinungen, ohne zu wissen, daß die Begriffe kontinuierlich und diskontinuierlich (diskret) ganz ebenso reine Erkenntnisbegriffe sind, wie Ursache, Bedingung, Substanz, Wesen usw. Und es bedarf kaum noch der besonderen Hervorhebung, daß die solchergestalt sich ergebende Verwirrung der wichtigsten Erkenntnisbegriffe auch, und ganz besonders, da sich in ihren Folgen bemerkbar macht, wo, wie es auch bei *Verworn* geschieht, schwierigere metaphysische Probleme, wie Unsterblichkeit, Willensfreiheit, Verhältnis von Körper und Seele usw. berührt werden.

Nicht darum also handelt es sich, den Kausalbegriff aufzugeben, sondern ihn für die wissenschaftliche Forschung kritisch schärfer als bisher erkenntnistheoretisch zu fassen. Es wäre unnötig, diese fast selbstverständliche Forderung zu betonen, wären nicht eben auch heute noch, wenngleich in immer geringer werdendem Maße, die Vorurteile gegen die philosophische und insbesondere die erkenntnistheoretische Arbeit unter den Vertretern der exakten Naturforschung weit verbreitet. Nur so erklärt es sich, daß man zwar für die Instrumente, deren man beim Experimentieren bedarf, größtmögliche Verfeinerung fordert, aber die wichtigsten Instrumente, die tragenden Erkenntnisbegriffe, ohne weiteres in ihrer rohsten, d. h. kritisch ungeprüften Form hinnimmt und anwendet; daß man zwar auf die Vorarbeit des Präzisionsmechanikers den größten Wert legt, dagegen die begriffliche Präzisionsarbeit des Erkenntniskritikers für überflüssig, wenn nicht gar für schädlich hält.

Erst auf dem gesicherten Boden erkenntnistheoretischer Arbeit also kann die Frage „Kausale oder konditionale Weltanschauung?", die dann freilich *als* Frage größtenteils nicht mehr fortbesteht, ernsthaft behandelt werden. Ohne diese Grundlage sind die Ausdrücke „Kausalismus" und „Konditionismus" nichts als *Worte;* die, nach dem oben angeführten Worte *Senecas,* indem sie umherschwirren, wohl anzeigen, daß man mit der zugrunde liegenden Frage beschäftigt, daß man ihres Inhalts helldunkel sich bewußt ist — die aber auf keinen klaren Erkenntnisweg wirklich hinweisen.

Über die bei der Blütenbildung wirkenden mechanischen Faktoren[1]).

Von Prof. Dr. Günthart, Leipzig.

I.

Zwei Wege stehen unserm Denken zur begrifflichen Verbindung der gegebenen Realitäten offen: die *physikalische* Forschung, welche nach Ursachen sucht und die *ökologische,* die eine eindeutige Verbindung von Mittel und Zweck erstrebt. Zum Schaden der Wissenschaft bekämpfen sich beide Methoden noch oft: sie können ja, weil sie ganz verschiedene logische Grundlagen haben, gar nicht aneinander gemessen werden und sind beide gleich notwendig und nützlich. Gerade *ihre kombinierte Anwendung* auf ein und denselben Naturgegenstand zeitigt erfahrungsgemäß den größten Erfolg. Es ist darum sehr zu wünschen, daß kein Arbeitsgebiet unter der ausschließlichen Herrschaft der einen der beiden Forschungsmethoden stehen bleibt.

Die *Blütenbiologie* war lange Zeit ausschließliche Domäne der ökologischen Betrachtung. Erst in neuester Zeit werden die verschiedenen Probleme der Blütengestaltung von allen Seiten her auch mit dem Mittel der physikalischen Fragestellung in Angriff genommen: die Entstehung kleistogamer Blüten *(Goebel),* die Einwirkung von Licht- und Schwerereizen auf die Bewegungen der Blüten und ihrer einzelnen Organe *(Pfeffer, Jost, Schwendener-Krabbe, Oltmanns* u. a.), die Abhängigkeit der Farbe und Größe *(Vöchting* u. a.), der Nektarausscheidung, der Antherenöffnung *(Burck)* von der Umwelt, der Einfluß der Ernährung auf die Geschlechterverteilung *(Correns)* — das sind einige der in letzter Zeit mit besonderem Erfolg untersuchten ursächlichen Beziehungen, die mit einem Schlage die gesamte Lehre vom Lebenshaushalt der Phanerogamenblüte auf neuen Boden gerückt und auch der ökologischen Forschung ganz neue Fragestellungen ermöglicht haben.

Auf die Gestaltung der Blüte wirken zunächst *äußere Kräfte.* Sie beeinflussen namentlich das zeitliche Verhältnis zwischen den Fortpflanzungsorganen. Es ist beispielsweise gelungen, durch Änderung der äußeren Bedingungen die Dichogamie vollständig umzukehren; extrem stark protandrische Pflanzen wurden ebenso stark protogynisch dichogam.

Dann aber auch *innere Kräfte.* Wenn wir von Ernährungseinflüssen hier absehen, so sind dies namentlich gegenseitige *Kontaktwirkungen der Blütenteile.* Sie sind teils *chemischer* Natur — ich erinnere daran, daß Haare im Innern der Blüte fast immer im Kontakt mit den Staubbeuteln entstehen — teils sind es *mechanische* Kontakterscheinungen.

Von diesen letzteren möchte ich hier ausschließlich sprechen. Sie sind von besonderer Bedeutung, weil durch sie alle jene Blüteneingänge und -verschlüsse, jene zahllosen Verknöpfungen, Falten und Kanäle an den Kronblättern und Leisten an den Filamenten entstehen, also gerade diejenigen Merkmale, aus denen sich zum größten Teile die ganze so überaus mannigfaltige *Blütenplastik* der Phanerogamen zusammensetzt, jene Merkmale, die vor allen andern auch *ökologischen Wert* haben, da sie den Insekten beim Blütenbesuch gewisse Dienste leisten.

*

Ich möchte hier diese Verhältnisse zunächst am Bau der *Cruciferenblüte,* die ich in den letzten Jahren vorzugsweise untersucht habe, darlegen, und zwar möchte ich da nur wenige besonders auffallende Merkmale her-

[1]) Vortrag auf der 85. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Wien, September 1913.

ausgreifen: die *Blüteneingänge* im Zusammenhang mit den *Staubblattdrehungen* und die *Filamentleisten*. Da wir alle noch zu sehr daran gewöhnt sind, derartige Merkmale nur ökologisch zu betrachten, so sei zunächst kurz an die *Funktion der erwähnten Merkmale im Lebenshaushalt der Cruciferenblüte* erinnert.

Die vier inneren Staubblätter, die bekanntlich die beiden äußern, seitlich stehenden an Länge übertreffen, liegen dem Fruchtknoten dicht an und bilden mit demselben zusammen eine die ganze Blüte durchziehende Längsscheidewand, welche die Kronöffnung in zwei *„Blüteneingänge"* zerlegt. Nirgend anders als an diesen

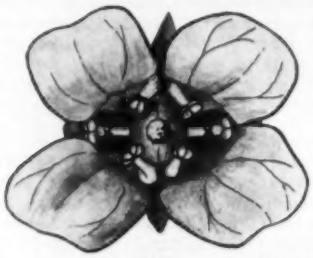


Fig. 1. Eine Cruciferenblüte von oben, die beiden „Blüteneingänge" und die Drehung der innern Staubblätter zeigend.

beiden Stellen kann das Insekt zur Honigausbeute in die Blüte eindringen. Jeder dieser Eingänge wird aber von den stäubenden Innenseiten je dreier Antheren flankiert. Die innern Staubblätter *drehen* sich nämlich im Verlaufe der Anthese in dem aus Fig. 1 ersichtlichen Sinne gegen die benachbarten äußern hin und ihre Beutel neigen oft überdies stark vornüber. Für eine gründliche Bepuderung des Insektenkörpers ist also bestens gesorgt.

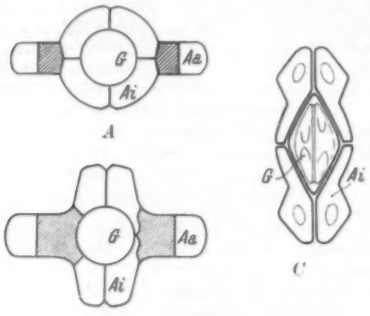


Fig. 2. Schematische Querschnitte durch den Blütengrund der Cruciferen. *G* Stempel, *Ai* innere, *Aa* äußere Staubblätter, Kelch und Krone sind weggelassen.

Und nun die *physikalische Betrachtung* desselben Materials! — Führen wir am Grunde des Stempels einen Schnitt quer durch eine Cruciferenblüte, so sehen wir dem Diagramm entsprechend die kürzeren seitlichen Stamina beträchtlich weiter außen liegen als die Wurzeln der vier längeren Staubblätter. Zwischen ihnen und dem Stempel bleiben darum die in Fig. 2 A schraffierten seitlichen Gewebepartien des Blütenbodens frei. — Diese Darstellung entspricht nun allerdings der Wirklichkeit noch nicht: die Wurzeln der innern Staubblätter liegen nämlich nicht diagonal, sondern sie sind gegen die Medianachse hin zusammengeschoben, so daß die genannten seitlichen Gewebepartien bis zum Stempel hinreichen (Fig. 2 B). — Allerdings gilt dies nur für die unterste Region der Blüte: schon ganz wenig höher oben *überwallen* im Laufe der Entwicklung die Wurzeln der innern Staubblätter den innersten, dem Stempel benachbarten Teil der seitlichen Gewebepartien (Fig. 2 B rechts). — In den Diagonalregionen liegen nun die vier Kronwurzeln. Aber sie füllen die Räume, die ihnen hier zur Verfügung zu stehen scheinen, nicht ganz aus, wie aus der nach einem Mikrotomschnitt gezeichneten Figur 3 A zu entnehmen ist, sondern sie sind sehr stark nach vorne und hinten verschoben, so daß zwischen ihnen weite *Höhlen* offen bleiben. Diese Höhlen werden verständlich, sobald wir dieses Bild vergleichen mit einem in derselben Höhe durch eine Knospe geführten Schnitt (Fig. 3 B): Hier sehen wir diese Höhlen ganz exakt ausgefüllt von den beiden schon sehr früh mächtig entwickelten, aber noch ganz filamentlosen Beuteln der seitlichen Staubblätter, und sie stellen auch später in allen Einzelheiten ihrer Form getreue Abgüsse dieser Beutel dar. Wenn sich die beiden *Beutel-*

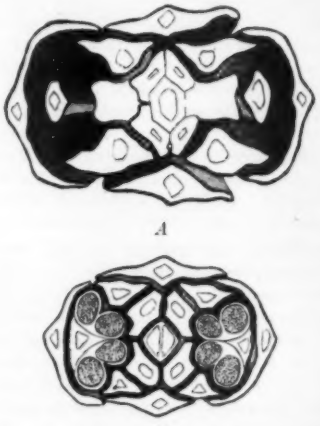


Fig. 3. Querschnitt durch eine Blüte und eine Knospe von Raphanus sativus. Nach der Natur.

höhlen später durch Wachstum der Blütenteile, die ihre Umgrenzungen bilden, in die Länge strecken, so gehen aus ihnen die beiden dem besuchenden Insekt als Zufahrten dienenden *„Blüteneingänge"* hervor, von denen wir am Anfang sprachen.

Die überwallenden Fortsätze der Wurzeln der inneren Staubblätter strecken sich später zu langen *Filamentleisten*, die sich bei manchen Arten außerordentlich stark entwickeln. Namentlich bei den breitwandigen Siliculosae, denn hier werden die eigentlichen Filamentwurzeln wegen der starken dorsoventralen Entwicklung des Stempelquerschnittes sehr weit nach vorn und hinten verschoben, so daß für die genannten Leisten sehr viel Raum disponibel wird (Fig. 2 C). Die Vogelperspektive der Blüte von Alyssum montanum Fig. 4 A zeigt diese Leisten, und zwar kommen dieselben hier nicht nur an den längeren, sondern auch an den kurzen Stamina vor. Die Außenseiten der Leisten zeigen hier spiralig verlaufende Furchen (Fig. 4 B), welche oft von den Insekten als Führungskanal für ihren zum Nektar vordringenden Saugrüssel benutzt werden. Aber die Entwicklungsgeschichte zeigt, wie alle diese oft so komplizierten Formen durch mechanische Beeinflussung seitens der benachbarten Blütenteile entstanden sind.

Auch die *Drehungen der inneren Staubblätter*, die wir am Anfang noch erwähnten, sind durch mechanische Faktoren bedingt, die sich aus der Entwicklungsgeschichte ganz eindeutig bestimmen lassen. Ich habe alle diese Verhältnisse in meiner Schrift „Prinzipien der physikalisch-kausalen Blütenbiologie" (Jena 1910) eingehend dargelegt, hier muß ich

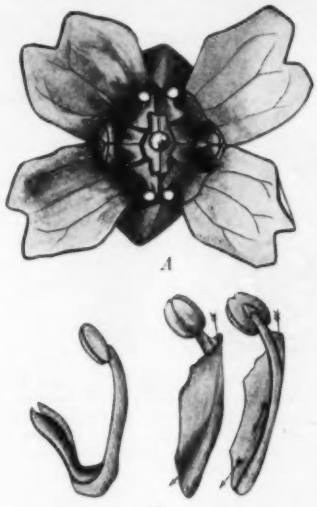


Fig. 4. Alyssum montanum. *A* Blüte von oben, *B* die Filamentleisten eines kürzern und eines längern Staubblattes, letztere von außen und innen gesehen. Nach der Natur. Die Pfeile bezeichnen den Weg des Saugapparates des besuchenden Insektes.

mich auf einige Andeutungen beschränken: Die Beutel der vier inneren Staubblätter werden später durch Streckung der Filamente sehr rasch gehoben. Sie treffen auf das fest geschlossene Kelchdach und werden von diesem vornüber in die über den kürzern seitlichen Staubblättern noch offenen Hohlräume hineingedrückt. Das Drehungsmoment entsteht namentlich dadurch, daß

Fig. 5. Stempel und Staubblätter einer Cruciferenknospe von vorne gesehen. Die relative Bewegung der inneren Staubblätter gegen den Stempel ist durch Pfeile angedeutet. Schema.

der Stempel langsamer gehoben wird als die vier genannten Staubbeutel: seine relative Bewegung in bezug auf diese Beutel ist daher eine abwärtsgerichtete (s. Fig. 5) und da er nun den Beuteln reibend angepreßt ist, so übt er auf den inneren, nach der Medianachse gewendeten Rand derselben eine abwärts gerichtete Kraft aus, welche eben die Drehung der Beutel gegen die benachbarten seitlichen Staubblätter hin bewirkt.

*

Bei andern Familien von verhältnismäßig noch einfachem Blütenbau zeitigt die gegenseitige mechanische Beeinflussung der Teile ähnliche Resultate. So entstehen die wohlbekannten Umkrempelungen an den Petalen der *Umbelliferen* durch Festklemmen der Kronblattspitze und gleichzeitigen zentrifugalen Druck der Beutel auf die ihnen opponierten Ränder der Kronblätter. Mit steigender Kompliziertheit des Blütenbaues werden die mechanischen Probleme stets reizvoller. Die Falten und Verknöpfungen der *Papilionaceenkrone* sind kürzlich von *Schäepp* (Beihefte zum Bot. Zentralbl. XXVIII. Abt. I) zum Gegenstand einer besonderen Untersuchung gemacht worden, die sehr interessante Resultate ergab. In einer soeben erschienenen Arbeit weist *Baumgartner* (Beihefte zum Bot. Zentralbl. XXX. Abt. I) die Bedeutung mechanischer Faktoren für die Blütengestaltung der *Bananen* nach. Die Unterschiede in der Blütenplastik der verschiedenen *Labianten* sind zu einem großen Teile mechanisch bestimmt: Lamium hat eine breit ausladende Oberlippe, ein „Regendach",

Fig. 6. Blüte und Knospe von Aegopodium podagraria, letztere von oben gesehen, isoliertes Kronblatt und zwei Querschnitte durch dasselbe. Nach der Natur.

weil die Knospe unter der mechanischen Einwirkung der vier großen Staubbeutel steht, während die schmale zusammengefallene Oberlippe von Salvia durch den im spätern Knospenleben hier außerordentlich stark wachsenden Griffel bedingt ist, der, weil er mit der Spitze im Blütengrunde aufstößt, in seiner mittleren Partie mit großer Kraft nach außen drängt. Interessant ist namentlich auch die Entstehung der *„Führungskanäle"*, wie sie bei Dianthus, Lilium bulbiferum und Martagon und zahlreichen andern Phanerogamen vorkommen, und der Blüteneingänge von *Iris*. Und selbst ganz verwickelte Blütenkonstruktionen, wie z. B. diejenige einer *Dicentra*, sind durch das Studium der Entwicklungsgeschichte auf wenige eindeutig bestimmte mechanische Erscheinungen zurückzuführen.

*

Bekanntlich hat schon vor längerer Zeit *Schumann*, von der mechanischen Blattstellungstheorie *Schwendeners* ausgehend, die Bedeutung mechanischer Faktoren für die Blütengestaltung nachzuweisen gesucht. Während aber unsere Beobachtungen lediglich der Ausbildung der *Form der einzelnen Organe* während des *späteren Knospenlebens* galten, beschäftigt sich *Schumann* mit den *früheren Anlagen* der Blüten, und nicht nur die

Formen, sondern namentlich die Stellung der Blütenteile, d. h. die gesamten *diagrammatischen Stellungsverhältnisse*, sollten nach ihm durch gegenseitigen Druck der Teile bedingt sein. *Schumann* fand sehr bald Widerspruch und heute sind die von ihm betretenen Wege ganz verlassen. Es war namentlich *Vöchting*, der, von theoretischen Erwägungen und neuen sorgfältigen Untersuchungen ausgehend, die fehlerhaften Grundlagen der

Fig. 7. Blüte von Lamium purpureum von der Seite und von vorn gesehen sowie Längsschnitt durch die Knospe. Vorderansicht nach *Kirchner*, übriges nach der Natur.

Schumannschen Auffassung rasch erkannte: Die notwendigste Voraussetzung einer gegenseitigen mechanischen Beeinflussung der jungen Anlagen ist natürlich, daß sich diese Anlagen tatsächlich berühren. Dieser *„lückenlose Kontakt" Schumanns* besteht aber in Wirklichkeit nicht, die Anlagen der einzelnen Blütenteile sind stets durch kleine Zwischenräume voneinander getrennt. „Und es ist wohl zu bedenken, daß auch eine

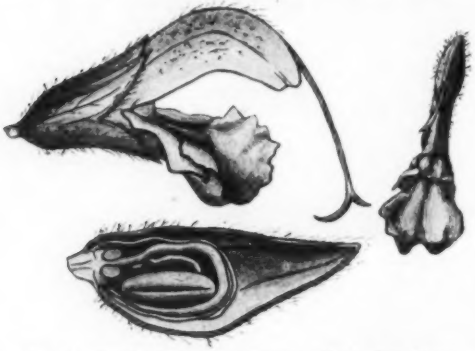


Fig. 8. Salvia pratensis ebenso. Nach der Natur.

vollständige Berührung noch keinen Beweis für einen wirklich vorhandenen Druck liefert. Auf diesen dürften wir erst schließen, wenn ihm entsprechende Formänderungen einträten, und diese sind hier nicht zu beobachten." So gering also jedenfalls die Druckeinwirkung, die eine Anlage von außen her, von den benachbarten Blütenteilen erfährt, so groß ist anderseits der innere Gewebedruck, unter dessen Einwirkung sie selbst entsteht. Alle Vegetationspunkte entwickeln ja während ihres ersten Wachstums in ihrem Innern Drucke, die sich auf mehrere Atmosphären belaufen. Aus diesen Tatsachen ergibt sich mit aller Sicherheit, daß die ersten Anlagen der Blütenteile nicht einfach passiv an Stellen niederen Druckes entstehen, daß ihr Ort überhaupt nicht durch mechanische Einwirkungen von außen, sondern lediglich durch innere, durch die Vererbung an bestimmte Stellen lokalisierte Kräfte bedingt ist.

Die Folgerungen, die wir aus *Schumanns* Lehre ziehen müßten, treffen denn auch im allgemeinen gar nicht zu. Zunächst müßten ja wirklich die diagramma-

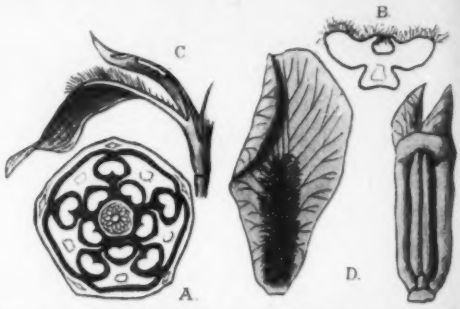


Fig. 9. *A* Querschnitt durch die Knospe von Dianthus carthusianorum, halbschematisch. *B* Querschnitt durch den Perigonblattnagel von Lilium bulbiferum nach *Kirchner*. *C* Längsschnitt durch einen der drei „Blüteneingänge" bei Iris nach *Kirchner*. *D* äußeres Perigonblatt und Narbenblatt von Iris samt Staubbeutel zur Knospenzeit, die Entstehung des Blüteneinganges als Abguß des Beutels zeigend. Nach der Natur.

tischen Stellungsverhältnisse alle mechanisch erklärbar sein. Ein Blick auf die prächtigen Tafeln in *Payers* „Organogénie des fleurs" zeigt, daß dies nicht der Fall ist. Und die andere und äußerste Konsequenz aus

Fig. 10. Blüte und Knospe von Dicentra spectabilis im Längsschnitt. Nach der Natur.

Schumanns Lehre wäre dann die, daß durch künstliche Erhöhung oder Erniedrigung des Druckes von außen her auf einzelne Blütenteile die Zahl derselben abgeändert oder ihre Insertionen verschoben werden müßten. *Schumann* hat dieses Postulat folgerichtig selbst aufgestellt, aber es ist selbstverständlich weder ihm noch andern gelungen, es zu erfüllen.

Im späteren Verlauf der Anthese liegen nun aber die

Verhältnisse ganz anders: bald füllen die Organe durch ihr fortgesetztes Wachstum die Lücken, die anfangs noch zwischen ihnen bestanden, aus, so daß nun wirklich in radialer und tangentialer Richtung lückenloser Kontakt der Teile besteht. Vor allem aber vereinigen sich die Kelchblätter, deren Wachstum von Anfang an dem der übrigen Blütenteile stark voraneilt, früh zu einem geschlossenen Dach. Die Untersuchungen von *Raciborsky* zeigten, daß dabei die Kelchränder durch Haare, Papillen und mannigfache Verzahnung so fest ineinander greifen, daß ein außerordentlich solides Gewölbe entsteht. Später nimmt das Wachstum des Kelches rasch ab; dafür steigert sich aber der Längenzuwachs der innern Teile, so daß diese schließlich das anfangs noch leere Kelchgewölbe ausfüllen. Von diesem Moment an entstehen Druckwirkungen nicht nur in radialer und tangentialer, sondern namentlich auch in der Längsrichtung der Blüte. Diese Kräfte erzeugen nun jene Formveränderungen, die wir eingangs bei Cruciferen und andern Phanerogamen konstatiert haben.

*

Es sei noch in Kürze *zweier Entwicklungsgesetze* gedacht, welche die Art der gegenseitigen mechanischen Beeinflussung der Blütenteile im Einzelfalle bestimmen und uns erklären, wieso das Resultat dieser Beeinflussung nun innerhalb der gesamten Phanerogamenwelt ein so außerordentlich verschiedenartiges ist.

Zunächst *fallen*, wie bereits erwähnt wurde, *die Zeiten maximalen Wachstums der verschiedenen Blütenteilen nicht zusammen:* Anfangs ein starkes Voreilen des Kelches und der Staubblätter, dann später eine rapide Streckung der Petala, die auch nach der Kronöffnung noch andauert, und endlich, etwas später noch, ein ebenso rasches Nachwachsen der Staubblätter; der Stempel zeigt meist zwei Perioden rascheren Wachstums, die erste unmittelbar vor der Reifung, die andere bald nach der eingetretenen Befruchtung. Schon aus der Tatsache, daß die Blütenteile sich nicht mit gleichmäßiger Geschwindigkeit strecken, sondern daß gelegentlich einzelne Organe zurückbleiben und andere an ihnen vorbeigleiten, resultieren natürlich eine Menge Möglichkeiten mechanischer Beeinflussungen; ich erinnere nur an die besprochenen Drehungen der Cruciferenbeutel. Und nun liegen die geschilderten Zuwachsverhältnisse bei anderen Familien wieder ganz anders und schwanken oft sogar innerhalb der Gattung stark, und daher ist das Resultat der mechanischen Beeinflussung der Teile im gesamten Reiche der Phanerogamen eine ungeheuer mannigfaltige.

Das andere Entwicklungsgesetz ist schon durch *Payers* Arbeiten bekannt geworden: Ein Organ, einmal angelegt, streckt sich nicht in seiner ganzen Länge gleichmäßig weiter, sondern *die Zone größten Längenzuwachses liegt lediglich an der Basis des Organes.* Sehr schön ist dies aus der Vergleichung der Knospe von Dicentra mit der ausgewachsenen Blüte zu entnehmen (Fig. 10): Der basale Teil der Blüte vergrößert sich im Laufe der Entwicklung gewaltig und schiebt dabei den obern Teil, der seine Form und Größe nur noch sehr wenig ändert, einfach vor sich her. Auf die allgemeine Bedeutung dieses Gesetzes für die Blütengestaltung kann hier nicht näher eingegangen werden, dagegen sei noch auf die besondere Form hingewiesen, in welcher es sich in der Entwicklungsgeschichte der *Staubblätter* manifestiert. Auch hier bildet sich nämlich der basale Teil, das ist in diesem Falle das Filament, erst spät. Am Anfang sind die Beutel noch ganz filamentlos. Mächtig entwickelt füllen sie den größten Teil der jungen Knospe aus. Da sie sehr turgeszent und infolgedessen äußerst widerstandsfähig sind, prägen sie unter dem Einfluß des Knospendruckes allen benachbarten Blütenteilen ihre Formen auf. So sahen wir ja die Beutelhöhlen der Cruciferen, die später als die beiden „Blüteneingänge" funktionieren, entstehen. Indem sich die Teile, welche die Wandungen dieser Höhle bilden, später noch stärker strecken, entstehen die verschiedenartigen röhrenförmigen Bildungen, welche wir bei Iris und Dianthus erwähnten. Es versteht sich ferner von selbst, daß die widerstandsfähigen Staubbeutel, namentlich dann, wenn sie später infolge der Einschaltung und Streckung der Filamente, gegen die benachbarten Blütenorgane gehoben werden, sehr energisch auf ihre ganze Umgebung, besonders auf die weiche Krone einwirken müssen: Auf diese Weise sah *Schüepp* die auffallenden Falten und Verzahnungen in der Krone der Papilionaceen entstehen.

*

Wir können das Ergebnis unserer bisherigen Darlegungen allgemein in den Satz zusammenfassen: *Die Blütengestalt ist nicht allein das Produkt freien Wachstums der Blütenteile, sondern sie ist zu einem großen Teil passiv, durch Einwirkung mechanischer Kräfte entstanden.*

Wenn dieser Satz der Wahrheit entspricht, so muß es auch möglich sein, *die Blütenplastik durch künstlich hervorgerufene äußere Kräfte abzuändern.* Diese experimentelle Nachprüfung ist sowohl von *Schüepp* wie von mir selbst durchgeführt worden, durch Aufreißen des Kelches und längeres Geschlossenhalten desselben durch Umschnürung, Lackverschlüsse und Gipsverpackungen der Knospen und durch Einführung von Hartkörpern. Groß ist die Zahl der Versuche noch nicht, aber die Resultate waren durchaus klar und bewiesen die Richtigkeit unserer Auffassung.

(Schluß folgt.)

Ziele und Wege biologischer Mittelmeerforschung[1]).

Von Prof. Dr. Adolf Steuer, Innsbruck.

Wenn ein gewissenhafter Ökonom neue, ihm noch unbekannte Ländereien zur Bewirtschaftung erhält, wenn einem Forstmanne in fremdem Gebiet ein Wald zur Pflege übergeben wird oder wenn ein Binnenlandfischer das Fischereirecht in einem See oder Fluß erwerben möchte, sie alle werden zunächst durch eine genaue „Vornahme des Lokalaugenscheines" sich die Frage zu beantworten suchen: Was für Feldfrüchte, bzw. Bäume oder — im letzten Falle — Fische kommen in dem betreffenden Gebiete vor? Erst nach einer derartigen, sorgfältigen Inventarisierung werden sie in der Lage sein, für ihre künftigen Arbeiten ein festes Programm aufzustellen.

Auch für eine solide biologische Meeresforschung müssen ähnliche Gesichtspunkte maßgebend sein: für eine großzügig gedachte biologische Erforschung der marinen Fauna und Flora ist ihre Inventarisierung, d. h. ihre systematische Bearbeitung eine unumgänglich notwendige Vorarbeit. Diese wird um so mühevoller und zeitraubender, je größer der Artenreichtum ist; sie ist daher viel schwieriger für das formenreiche Mittelmeergebiet als für die artenarme Lebewelt der Nordmeere durchzuführen. Die Veröffentlichung brauchbarer Bestimmungsbücher muß als eines der wichtigsten Ziele

[1]) Vortrag auf der 85. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Wien, September 1913.

einer planmäßig durchgeführten biologischen Mittelmeerforschung betrachtet werden[1]).

Der Mangel an den so unumgänglich notwendigen systematischen Vorarbeiten wird denn auch heute von jedem empfunden, der in irgendeinem Gebiete der mediterranen Hydrobiologie tätig und vielfach gezwungen ist, mit den so überaus artenreichen Biozönosen wie mit lauter unbekannten oder doch mangelhaft bekannten Größen zu operieren. So drängte sich mir schon vor reichlich zehn Jahren, gelegentlich meiner Studien über die Fauna des Triester Golfes, der Gedanke auf, wie förderlich es für die Mittelmeerforschung sein müßte, wenn alle Mittelmeerstationen — es gibt deren gegenwärtig etwa 15 — sich zu gemeinsamer planmäßiger Arbeit vereinen würden. Tatsächlich ist auch, auf meinen Vorschlag hin, die Frage bei der 74. Versammlung unserer Gesellschaft in Berlin im Jahre 1902 von anderer Seite[2]) erörtert worden. Ein nachhaltiger Erfolg ist dieser Aktion aber leider nicht beschieden gewesen. Das ist sehr zu bedauern. Hätte in den seither verflossenen 10 Jahren an jeder Mittelmeerstation auch nur je ein Angestellter die eine oder andere wichtige Tiergruppe systematisch bearbeitet, so würden wir heute über eine stattliche Anzahl von Monographien und damit über einen Grundstock verfügen, auf dem wir mit mehr Aussicht auf Erfolg in größerem Maßstab weiter arbeiten könnten.

Da konstituierte sich nun beim Internationalen Geographentag in Genf 1908 unter dem Vorsitz des Fürsten von Monaco eine „Internationale Kommission zur wissenschaftlichen Erforschung des Mittelmeeres", welche in ihrer im Frühling des Jahres 1910 in Monaco abgehaltenen Sitzung ungefähr nach dem Muster der seit Jahren von den europäischen Nordstaaten mit schönem Erfolg unternommenen „Internationalen Meeresforschung" zwei Programme ausarbeitete; das eine betrifft die vorzunehmenden Forschungen auf hoher See, das andere ebensolche in Küstennähe. Diese hätten von den Mittelmeerstationen ausgeführt werden sollen, von denen aber leider nur ein Drittel (nämlich 5) in der betreffenden Subkommission vertreten waren; vor allem fehlte die älteste und leistungsfähigste, die Neapler Station.

Die systematische, nach einem einheitlichen, vorgezeichneten Programm in Szene gesetzte Erforschung küstennaher Gebiete, die ja ohnehin in den Aufgabenkreis jeder Meeresstation gehört oder doch gehören sollte, ist jedenfalls das Naheliegendste und außerdem mit geringeren Kosten verbunden. Das Küstengebiet ist die beste Vorschule für den Biologen sowohl wie für eine internationale Forschungskommission; was sich dort bewährt, wird auch auf hoher See leistungsfähig sein und — umgekehrt. Es ist für das ganze Unternehmen vielleicht von symptomatischer Bedeutung, daß sich just zur Vornahme der kostspieligen Hochseekreuzungen sofort zwei Mittelmeerstaaten bereit erklärten und mit den vereinbarten 4 jährlichen Terminfahrten begannen, nämlich Italien und Österreich im Bereiche des Adriatischen Meeres.

Die von der Mittelmeerkommission publizierten Programme sind inzwischen von Fachleuten *(Lohmann, Woltereck, Schiller)* diskutiert, besser gesagt kritisiert worden und zwar, wie ich glaube, nicht ohne Grund. Die Programme sind allzu umfangreich und daher in der gegebenen Form undurchführbar, wenn nicht Legionen von wissenschaftlichen Arbeitern zur Verfügung stehen. Die Programme sagen nur, was alles geleistet werden könnte, aber nicht, wie es mit den vorhandenen Arbeitskräften bewältigt werden kann. Eine in so großem Stile, mit so bedeutenden Mitteln durchgeführte Materialaufsammlung muß jedem erfahrenen, wissenschaftlich tätigen Hydrobiologen verfrüht erscheinen. Nachdem damit aber bereits begonnen wurde, mögen im folgenden einige leitende Gesichtspunkte kurz besprochen werden.

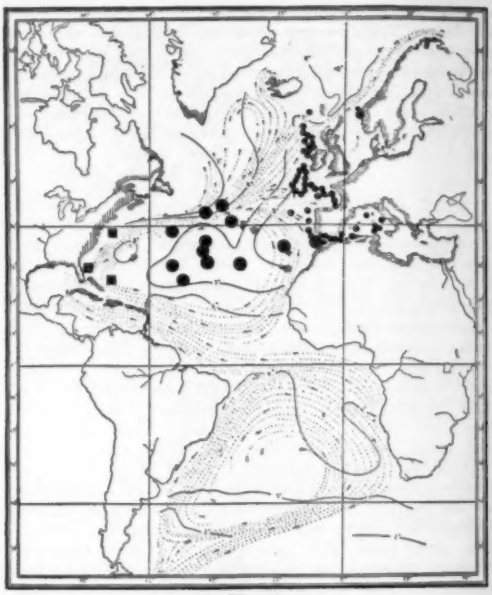


Fig. 1.

Verbreitung des Süßwasseraals *(Anguilla)* und seiner Larven im atlantischen Gebiet. Nach *Johs. Schmidt*, 1912.

Die Verbreitung des europäischen Aals *(Anguilla vulgaris)* und des amerikanischen Aals *(Anguilla rostrata)* sind mit verschiedener Schraffierung der Küsten angegeben, an denen sie vorkommen.

● Fundorte für jüngere Larven des europäischen Aals von 3,5 bis 6 cm Länge, größtenteils in der Sargassosee.

• Fundorte für ältere, über 6 cm große Larven derselben Art.

■ Fundorte für Larven des amerikanischen Aals.

Die ausgezogenen Linien mit beigefügter Zahl geben die Temperatur in der 1000-m-Tiefe an.

Die punktierten Linien mit Pfeilen geben die Haupt-Stromrichtungen an.

[1]) Als *Anton Dohrn*, der geniale Gründer der zoologischen Station in Neapel, im Jahre 1872 nach Berlin ging, um für sein Unternehmen Propaganda zu machen, war bekanntlich dort von maßgebender Seite der Einspruch erhoben worden, die Neapler Fauna werde, wenn man mit solch großen Mitteln arbeiten wolle, in 5—10 Jahren erforscht sein. Seither sind, neben ungezählten anderen Arbeiten, 33 umfangreiche Monographien von der Neapler Station herausgegeben worden und doch ist damit erst ein verschwindender Bruchteil der Tier- und Pflanzenwelt des Golfes „inventarisiert".

[2]) *Cori, C. J.*, Anregung und Vorschlag zu einem Zusammenschluß der zoologischen und biologischen Meeresstationen, insbesondere zum Zwecke gemeinsamer Erforschung des Meeres. (Verh. Ges. d. Nat. u. Ärzte. 74. Vers. 1902. Berlin.) Vgl. auch *Joubin, L.*, Projet d'entente entre les stations maritimes de la Méditerranée pour l'établissement d'un plan commun de travaux océanographiques. (Bull. Inst. Océan. Monaco, Nr. 164, 1910.)

Das *Mittelmeer* (Fig. 1) steht in hydrographischer wie in hydrobiologischer Hinsicht in starker Abhängigkeit vom Atlantischen Ozean, und zwar ist es die bis in größere Tiefen durchwärmte *Sargassosee*, der hydrographisch das Mittelmeer am meisten ähnelt. Es ist nun interessant, daß auch die pelagische, im freien Wasser schwebende Lebewelt da und dort gewisse unverkennbare Übereinstimmungen zeigt. Beide Gebiete, die Sargassosee wie die mediterrane Hochsee, sind verhältnismäßig arm an jenen größtenteils mikroskopischen Lebewesen, die heute unter dem Namen Plankton wohl allgemein bekannt sind. Nach *Schütt* liefert ein vertikaler Netzzug aus 200 m Tiefe in der Sargassosee wie im Neapler Golf pro 0,1 qm Oberfläche nur etwa 3,3 cm³ Plankton. Unter den sogenannten Zwerg- oder Nanoplanktonten ist einer, *Pontosphaera huxleyi Lohmann* (Fig. 2, 3), eine Charakterform der Sargassosee, zugleich die häufigste Coccolithophoride des Mittelmeeres. Überhaupt zeichnen sich nach *Lohmann* beide Meeresgebiete vor anderen durch ihren Reichtum an diesen winzigen Flagellaten aus. Ähnlich ist ferner da und dort nach *Schütt* die formenreiche Gruppe der Peridineen. Auf gewisse Parallelerscheinungen im Auftreten der Radiolarien, im besonderen der koloniebildenden, wies zuerst *Brandt* hin. Ein Radiolar, *Lithoptera fenestrata*, ist bisher überhaupt nur im Mittelmeer und in der Sargassosee gefunden worden. Ein Wurm, *Alciope contraini*, ist an beiden Orten am häufigsten anzutreffen, desgleichen unter den Krebsen die Cladocere *Evadne spinifera* (vgl. Fig. 14) und der Copepode *Copilia mediterranea*. Die hier nur angedeutete Ähnlichkeit des mediterranen Planktons mit dem der Sargassosee führt uns sogleich zu einer weiteren Frage: Haben wir überhaupt die mediterrane Lebewelt in biogeographischer Hinsicht als besondere Subregion aufzufassen oder ist sie lediglich eine vom Ozean ins Mittelmeerbecken transportierte, ausgewählte Mustersendung atlantischer Formen? Im allgemeinen beherbergt das Mittelmeer eine typische Warmwasserfauna und -flora mit einem unverkennbaren nordischen Einschlag, der im äußersten Osten so prädominiert, daß z. B. die Fauna und Flora des Schwarzen Meeres die dänischen Biologen auf ihrer letzten *Thor*-Expedition im Sommer 1910 geradezu an die Lebewelt ihrer heimischen, dänischen Gewässer gemahnte.

Fig. 2.
Pontosphaera huxleyi Lohmann.

Fig. 3.

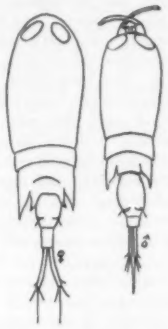


Fig. 4.
Corycaeus brehmi Steuer nach *Dahl*.

Noch kaum diskutiert ist die Frage, ob nicht vielleicht die ostmediterrane Fauna gewisse pontische Elemente beherbergt. So findet sich z. B. unter den Ascidien nach *Hartmeyer* eine *Molgula*-Art, die einer nordatlantischen Formengruppe angehört und in ihrem Vorkommen auf die Adria und das östliche Mittelmeer bzw. Schwarze Meer beschränkt ist, während eine nahe verwandte bisher nur aus dem westlichen Mittelmeer bekannt geworden ist.

Indopacifische Formen (die Krebse *Plagusia tuberculata* und *Neptunus sanguinolentus*) wurden in letzter Zeit von *Stiasny* und *Babić* in der Adria beobachtet, wohin sie aus dem Roten Meer als blinde Passagiere mit Dampfern verschleppt worden sein mögen. Eine nennenswerte Bereicherung mit indopacifischen Elementen hat die Mittelmeerfauna seit der Eröffnung des Suezkanals jedenfalls nicht erfahren. So steht das Mittelmeer gegenwärtig nur mit dem Atlantischen Ozean durch die enge und seichte Straße von Gibraltar in offener Verbindung, und zwar empfängt es seinen Zufluß aus einem Seitenzweig des Golfstromes. Auf dem Grunde der Meerenge fließt das salzreichere Mittelmeerwasser in den Ozean ab. Diese Einfallspforte, deren ständige biologische Bewachung von großem Werte wäre, ist aber für eine ausgiebigere Durchmischung namentlich der am Meeresgrunde und an den Küsten vorkommenden Lebewesen (Benthos und Nekton) des Mittelmeeres und Atlantik vermutlich viel zu klein. Ein genaues Studium der Mittelmeerfauna nach den modernen variations-statistischen Methoden wird gewiß zu überraschenden Resultaten führen. Wir können heute schon sagen, daß ein Teil der autochthonen Mittelmeerbewohner wenigstens sich infolge der Isolierung zu distinkten Varietäten oder Rassen ausgebildet hat, und daß jene mediterranen Arten mit den gleichen atlantischen Arten vollkommen im Bau übereinstimmen, deren Lebensweise eine ständige Vermischung mit den Ozeanformen zur Folge hat. So unterscheidet sich z. B. nach den glänzenden Untersuchungen des dänischen Zoologen *Schmidt* und seiner Mitarbeiter der Mittelmeeraal nicht im geringsten von seinen nordeuropäischen Artgenossen, weil beide sich zum Laichgeschäft in den Tiefen der Sargassosee zusammenfinden (vgl. Fig. 1). Für die adriatischen Schollen dagegen konnte ich schon im Jahre 1905 den Nachweis erbringen, daß sie sich von denen der deutschen Meere morphologisch und trophologisch unterscheiden lassen. Da die Scholle nach *Duncker* eine „hochnördliche Form" ist, müssen die Mittelmeerrassen die phyletisch jüngeren sein. Auch von den Anchovis konnte kürzlich *Fage* zeigen, daß sich deutlich zwei Rassen unterscheiden lassen: eine atlantische und eine mediterrane, und zwar ist in diesem Falle die Mittelmeerrasse die primitivere, da sie sich mehr den tropischen Formen nähert, von welchen sich die Art wohl ableiten läßt. Als drittes Beispiel führe ich endlich den bekannten Buchstabenkrebs oder Scampo (*Nephrops norvegicus*) an. Einer unserer Schüler, Herr *H. Hofeneder*, der gegenwärtig an einer Zusammenstellung der adriatischen Dekapodenlarven arbeitet, machte mich darauf aufmerksam, daß nach den vorliegenden Abbildungen die Larven des nordischen Scampo nicht unwesentlich von denen der adriatischen Formen abweichen.

Noch weniger geklärt ist die Frage, inwieweit Mittelmeerplanktonten zur Rassenbildung neigen, oder ob gar das Mittelmeerplankton über Vertreter verfügt, die nur hier und sonst nirgends vorkommen. Fast möchte man die letztere Frage bejahen, wenn nicht unsere allzu mangelhaften Erfahrungen zur Vorsicht mahnen würden. So war die Flügelschnecke *Cymbulia peroni* lange Zeit ausschließlich im Mittelmeer gefangen worden. Erst die Valdivia-Expedition fischte zwei Exemplare im Golf von Guinea.

Sicherlich sind einige Planktonten der Küstenzone in ihrer Verbreitung auf das Mittelmeer beschränkt. So findet z. B. Frau *Dahl*, daß die Copepoden-Untergattung *Ditrichocorycaeus* im Mittelmeere durch eine besondere Form, den *Corycaeus brehmi* (Fig. 4), vertreten ist.

Typisch mediterran dürften ferner gewisse Brackwasserplanktonten sein, so z. B. der Copepode *Poppella guernei*, der allerdings auch noch das Schwarze Meer und den Kaspisee bewohnt. Nach unserer Schülerin *A. Tollinger* ist nämlich wohl das Mittelmeer das Dispersionszentrum dieser Art, „aber vielleicht nicht das Mittelmeer in seiner heutigen Ausdehnung, sondern das tertiäre, das sich viel weiter nach Osten erstreckte". Dieses Beispiel, dem sich noch weitere anfügen ließen, muß genügen, um auf die zoogeographisch interessanten Beziehungen des heutigen Mittelmeeres zu dem ausgedehnteren der Tertiärzeit aufmerksam zu machen (Fig. 5).

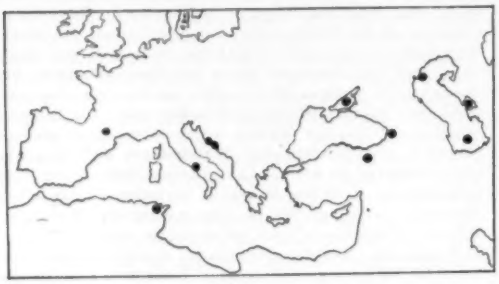


Fig. 5.
Verbreitung der *Poppella guernei Richard* nach *A. Tollinger*.

Noch ungenügender als das mediterrane Küstenplankton und das Hochseeplankton der oberen Wasserschichten ist das Tiefenplankton des Mittelmeeres untersucht. Wenn die Straße von Gibraltar tatsächlich für die Bewohner der Tiefsee heute eine unüberbrückbare Schranke darstellt, ist es nicht ausgeschlossen, daß auch die mediterranen Tiefseeplanktonen sich zum Teil zu besonderen Rassen umgebildet haben. Für das Hochseeplankton, das die oberflächlichen Wasserschichten bewohnt, ist jedenfalls die erwähnte Meerenge die einzige Einfallspforte. Im Vergleich zum Atlantischen Ozean steht das Mittelmeer viel mehr unter dem Einfluß des Terrestrials, die Amplitude der Temperatur- und Salzgehaltsschwankungen des Oberflächenwassers ist viel größer als im freien, landfernen Wasser des Ozeans. Im allgemeinen nehmen im Mittelmeerbecken Salzgehalt und Temperatur von Westen nach Osten zu. Für den Planktologen wird sich aus diesen physikalischen Verhältnissen die folgende Frage ergeben: Wie weit dringen die einzelnen, durch die Straße von Gibraltar in das Mittelmeer eingeschwemmten Planktonten nach Osten vor? Daraufhin wurden in letzter Zeit besonders die mediterranen Flügelschnecken und Salpen von Professor *Meisenheimer* und unserer Schülerin *A. Sigl* untersucht. Es ergab sich, daß einige Eindringlinge aus dem Atlantik über die Eingangspforte nicht allzuweit vordringen, und daß für viele Planktonten eine Linie, die wir uns etwa von Ostsizilien zur Adria gelegt denken können, eine Verbreitungsgrenze bildet, die vielleicht nur ab und zu überschritten wird. Nun bildet nach den Ergebnissen der dänischen *Thor*-Expedition das von Gibraltar der afrikanischen Küste entlang fließende Wasser im Mittelmeerbecken in der Hauptsache zwei Zirkelströme, einen im westlichen und einen im östlichen Mittelmeer (Fig. 6). Es gibt offenbar Planktonten, die normalerweise immer nur im Westbecken kreisen, und nur ein Bruchteil von ihnen wird regelmäßig oder nur gelegentlich ins Ostbecken gelangen. Das leider Allzuwenige (siehe später), was bisher über die planktontische Erforschung des östlichen Mittelmeeres nach dem Materiale der österreichischen *Pola*-Expedition bekannt geworden ist, läßt jedenfalls auf große Armut schließen. Nach freundlicher schriftlicher Mitteilung von Dr. *Schmidt* fand auch die mehrfach erwähnte dänische *Thor*-Expedition, daß das pelagische Leben im Mittelmeer von der Straße von Gibraltar nach Osten ständig ärmer wird. Es scheint, daß aus dem westlichen Mittelmeer in den einzelnen Jahren sehr unregelmäßig bald mehr, bald weniger artenreiches Plankton in das Ostbecken abfließt. Vielleicht herrschen ähnliche Unregelmäßigkeiten schon in der Straße von Gibraltar im Zusammenhang mit der wechselnden Ausbreitung warmer und kühler Ströme im Atlantischen Ozean. Eine durch mehrere Jahre fortgesetzte Untersuchung dieser Verhältnisse könnte uns wertvolle Aufschlüsse über die wechselnden Fischereiergebnisse im gesamten Mittelmeergebiet liefern. Ähnliche Untersuchungen sind ja in mustergültiger Weise und mit bestem Erfolge bereits von *Helland-Hansen* und *Nansen* im norwegischen Nordmeer durchgeführt worden (Fig. 7).

Was bisher über die Hydrobiologie des Mittelmeeres gesagt wurde, gilt vielfach auch für die Adria, unser spezielles Arbeitsgebiet (Fig. 8). Nur steht die Adria als „Mittelmeer zweiter Ordnung" in hydrographischer wie in biologischer Hinsicht noch viel mehr unter dem Einfluß des Terrestrials. Hier wie dort liegt der Schlüssel zur Lösung vieler biologischer Probleme an der Einfallspforte, hier der Straße von Otranto. Vergleichbar dem seichteren, kühleren und planktonreicheren westlichen und dem tieferen, wärmeren und planktonärmeren östlichen Mittelmeerbecken finden wir auch in der Adria zwei Bodensenkungen, das seichtere, kühlere, dabei planktonreichere nördliche oder Pomobecken und das

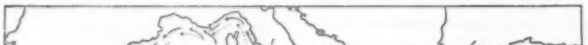


Fig. 6.
Strömungskarte des Mittelmeeres.
← Oberflächenströmungen,
← Strömungen der Mittelschicht
(nach *J. Schmidt*, 1912).

wärmere, tiefe südliche Becken, das bis zu 1132 m abfällt. Beide Becken sind durch den bis zu ca. 180 m ansteigenden Pelagosarücken voneinander getrennt. Dagegen ist in der Adria das seichtere Becken salzärmer und von der Meerenge am weitesten entfernt, und während im Mittelmeer das Thyrrhenische Meer mit seinen hohen Temperaturen eine gewisse Sonderstellung einnimmt, würden in der Adria das Gebiet des Quarnero und Quarnerolo wegen ihrer tiefen Bodentemperatur und ihres geringen Salzgehaltes sowie auch wegen mehrfacher biologischer Eigentümlichkeiten eine besondere Darstellung erfordern.

Gerade die Kleinheit des Untersuchungsgebietes ließ hoffen, daß man in der Adria früher zu greifbaren Resultaten gelangen könne als anderswo, falls mit bestimmten Zielen an die Arbeit gegangen wird. Leider ist es mir nicht möglich gewesen, über das von den beiden offiziellen Vertretern Italiens und Österreichs vereinbarte, biologische Programm Authentisches zu erfahren. So kann ich nur vermuten, daß man auch hier viel zu viel gewollt, als sich unter den gegebenen Umständen vorläufig durchführen ließ. Es scheint mir z. B. vorteilhafter, auf das zeitraubende Sammeln von Grundformen

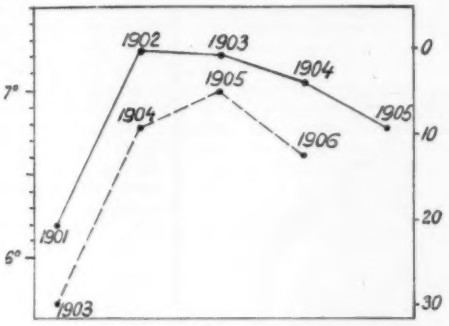


Fig. 7.
Wassertemperatur und
Durchschnittszahl gefangener kleiner Schellfische im norwegischen Nordmeer
(nach *B. Helland-Hansen* und *F. Nansen*, 1909).

zunächst lieber ganz zu verzichten, als ohne erkennbaren Plan bald da bald dort zu dredgen und Inseln und Scoglien, weil sie gerade am Kurs liegen, allzu kurz bemessene biologische Höflichkeitsbesuche abzustatten. Nur für die — systematisch bereits gut durchforschte — Algenflora lassen sich auf diese Weise brauchbare Aufschlüsse erwarten.

Vorteilhafter erscheint es, auf von mehreren Staaten gleichzeitig veranstalteten Terminfahrten solche Fragen in Angriff zu nehmen, deren Lösung ohne vorherige internationale Vereinbarung kaum möglich ist; ich denke da z. B. an die bekannten Markierungsversuche mit Fischen, die uns über Wanderungen der Fische u. dgl. wertvolle Daten geben könnten.

Das Hauptgewicht scheint bei den adriatischen Terminfahrten jedenfalls auf die Planktonfischerei gelegt worden zu sein, die sich ja, wenn sie nicht handwerksmäßig betrieben wird, immer eng an die gleichzeitig an Bord ausgeführten hydrographischen Untersuchungen anschließen wird. Und wer sich an Bord mit derartigen Planktonuntersuchungen gewissenhaft beschäftigt, wird für andere Arbeiten kaum viel freie Zeit erübrigen, selbst wenn, wie es immer geschehen sollte, alle rein mechanischen Manipulationen dem Forscher abgenommen werden. Ein Biologe, der heute noch seine Tätigkeit an Bord auf derartige Handlangerdienste beschränkt, ist der denkbar überflüssigste und kostspieligste Vergnü-

Fig. 8.
Tiefenkarte der Adria.

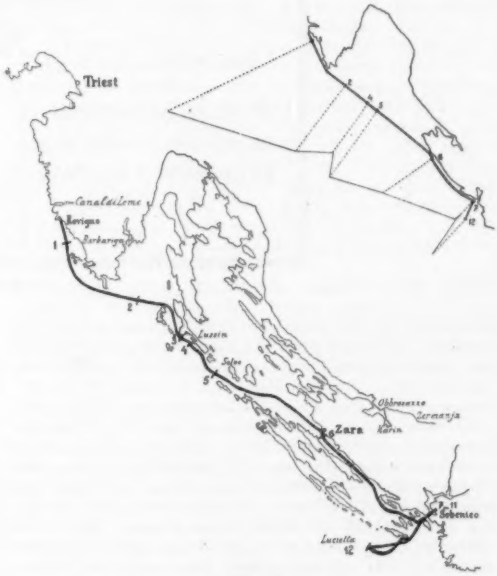


Fig. 9.
Reiseroute des „Rudolf Virchow", rechts oben: Planktonrohvolumen-Kurve.

gungsreisende. „Beobachten und Forschen ist seine Aufgabe, nicht Ausführung von Netzfängen oder Schlauch-

fängen und Konservieren der Fänge", sagt der ausgezeichnete deutsche Planktonforscher *Lohmann*.

Schon im Jahre 1905, gelegentlich einer Reise von Triest nach Ägypten, zeigten mir die mittels der Kühlwasserpumpe an Bord ausgeführten Fänge, daß der Planktongehalt der Adria nach dem Süden zu konstant abnimmt, ein Befund, der späterhin wiederholt bestätigt wurde, so auf den *Virchow*-Fahrten (Fig. 9). Diese lehrten u. a., daß in gleichem Maße die Artenzahl des Planktons nach dem Süden zunimmt. Erst die Terminfahrten auf S. M. S. Najade haben ergeben, daß ein dichtes Phytoplankton nahezu dauernd die adriatische Flachküste bewohnt. Um nun eine Übersicht über die Verteilung des Oberflächenplanktons der Adria zu gewinnen, wurde im Frühjahr 1913 während des ganzen Verlaufs der Terminfahrt, Tag und Nacht, alle Stunden mit dem Oberflächennetz nach *Richard* Plankton gefischt und nach der Fahrt die Menge des in jedem Fange enthaltenen Planktons nach der sogenannten Rohvolumenmethode bestimmt. Die auf Grund dieser Beobachtungen entworfene Kartenskizze (Fig. 10) zeigt zunächst im salzreichsten und wärmsten Teil des östlichen Südbeckens ein ausgesprochenes Planktonminimum. Ein von der italienischen Küste von Brindisi nordwärts ziehender Strom treibt in dieses Hochseewasser einen Keil kühleren, salzärmeren und planktonreicheren Küstenwassers. Das planktonarme Hochseewasser streicht hierauf nordwärts. Ungemein planktonreiches Wasser schiebt sich aus den Gegenden des Quarnerolo und Quarnero gegen die Hochsee vor. Die oberste, hauptsächlich von pflanzlichem Plankton erfüllte Wasserschicht hat man treffend Nährschicht oder trophogene Region genannt, weil sie den Mutterboden der planktonischen Urnahrung darstellt. Sie reicht in der Adria ungefähr bis zu 50 m Tiefe; in ihr lassen sich nach *Schußnig* eine obere Peridineenschicht und eine tiefere Diatomeenschicht unterscheiden.

(Schluß folgt.)

Fig. 10.

Besprechungen.

Stark, J., Die Atomionen chemischer Elemente und ihre Kanalstrahlen-Spektra. Berlin, Julius Springer, 1913. 43 S. und 11 Fig. Preis M. 1,60.

Die vorliegende Broschüre enthält eine Zusammenstellung von Untersuchungen, die *Stark* und verschiedene Mitarbeiter im Lauf der letzten Jahre über den sogenannten *Stark-Dopplereffekt* angestellt haben. Über diesen Effekt ist in den Naturwissenschaften bereits mehrfach berichtet worden, es sei auf den Artikel von Herrn *Baerwald* auf Seite 355 u. 384 und den des Referenten, S. 181, verwiesen. Er besteht, kurz wiederholt, darin, daß die Spektrallinien des von einem Kanalstrahlenbündel ausgesandten Lichtes nicht die normale Lage besitzen, sondern nach dem violetten oder roten Ende des Spektrums zu verschoben sind, je nachdem man die Kanalstrahlen in der Richtung auf den Spalt des Spektroskops zu laufen läßt oder von ihm weg. Die Erscheinung ist ähnlich wie bei der Verschiebung mancher Sternspektra und durch die schnelle Bewegung der Strahlungsquelle verursacht.

Die Entdeckung dieses Effektes durch *J. Stark* hat, ganz abgesehen von dem Interesse, das der Nachweis des *Dopplereffektes* an einer irdischen Lichtquelle an und für sich besitzt, eine Reihe wertvoller Ergebnisse für

unsere Anschauungen über die Struktur der Atome geliefert. Das Bild, das sich *Stark* auf Grund seiner langjährigen Versuche auf diesem Gebiet von den Atomen macht, ist kurz das folgende:

Ein Atom enthält positive und negative Elektrizität. Die negative Elektrizität ist in Form einer Reihe von Elektronen, die mehr oder minder fest an das Atom gebunden sind, verteilt. Die positive Elektrizität ist ebenfalls in einzelnen Quanten vorhanden, die aber im Gegensatz zu den Elektronen untrennbar an einzelne Teile des Atoms gebunden sind. Es kommen also positive unabtrennbare und negative abtrennbare elektrische Quanten sowohl im Innern als auch an der Oberfläche des Atoms vor. Das Ganze hat man sich nun nicht als ein kontinuierliches Gebilde vorzustellen. Das Atom besitzt vielmehr nach *Stark* eine weitmaschige Struktur, die allerdings außerordentlich fest zusammenhält. Wenn wir durch irgendeinen Eingriff ein Elektron entfernen, so bleibt ein positiv geladener Rest, ein sog. Atomion, und zwar ein einwertiges zurück. Nimmt man zwei oder mehrere Elektronen weg, so wird es zwei- oder mehrwertig. Die Zahl der abtrennbaren Elektronen ist gleich der chemischen Valenz. *Stark* nennt daher auch die abtrennbaren Elektronen Valenzelektronen. Die Kräfte, mit denen diese Elektronen am Atom festgehalten werden, stehen im engsten Zusammenhange mit den chemischen Eigenschaften der Elemente. Außer diesen abtrennbaren Valenzelektronen enthält das Atom noch andere Elektronen, die nicht abtrennbar sind durch die gleichen Mittel wie die Valenzelektronen. Sie stellen also, wie *Stark* für möglich hält, eine neue Art von Elektronen dar, insofern sie ganz anders im Atom gebunden sind und eine ganz andere Dynamik als die abtrennbaren Elektronen besitzen.

Die entwickelten Anschauungen führen *Stark* zu folgender Problemstellung: Man hat nachweisen können, daß es in der Tat möglich ist, in den Kanalstrahlen mehrwertige Atomionen zu erhalten. Unterscheiden sich nun die Eigenschaften eines solchen mehrwertigen Atomions von denjenigen eines einwertigen Atomions, abgesehen von der durch die Valenzänderung bedingten Verschiedenheit, mit andern Worten, ändert sich der Kern des Atoms bei Wegnahme eines Elektrons in bestimmter Weise und bei Wegnahme eines zweiten Elektrons abermals? Die einzigen Eigenschaften, die bisher der Untersuchung dieser Frage zugänglich waren, sind die optischen Eigenschaften. *Stark* wirft also die Frage auf: Sind die Spektra der einwertigen und mehrwertigen Ionen voneinander verschieden? Die sehr umfangreichen experimentellen Untersuchungen *Starks* und seiner Mitarbeiter haben nun erkennen lassen, daß solche Unterschiede in der Tat bestehen. Es ergibt sich z. B., daß das eine Spektrum des Argons, welches man als das rote bezeichnet, dem einwertigen Argon zugeschrieben werden muß, dagegen das blaue Argonspektrum dem zweiwertigen oder dreiwertigen Argon. Ähnliche Ergebnisse finden sich bei einer ganzen Reihe von anderen Elementen. Immer läßt sich ein Unterschied der Spektra der verschiedenen Wertigkeitsstufen erkennen.

Von den zahlreichen weiteren Ergebnissen der Experimente soll hier noch das eine hervorgehoben werden: Stoßen die schnellbewegten Kanalstrahlen auf andere Atome, so bringen sie diese zum Leuchten. Man sollte nun annehmen, daß gleichzeitig durch den Stoß ein gewisser Teil der Geschwindigkeit der Kanalstrahlenteilchen auf die gestoßenen Atome übertragen wird. Das Spektrum, das die getroffenen Atome aussenden, müßte daher ebenfalls einen *Doppler*effekt aufweisen. Die Experimente zeigen, daß das im allgemeinen nicht der Fall ist. Lassen wir einen Wasserstoffkanalstrahl auf Sauerstoff stoßen, so zeigt sich das Spektrum des Sauerstoffs, aber in seiner normalen Lage, keine Andeutung einer Dopplerverschiebung ist vorhanden. Daraus zieht *Stark* den Schluß, daß bei diesem Zusammenstoß das Sauerstoffmolekül von dem Wasserstoffion durchschlagen worden ist, und schließt daraus weiterhin auf die schon oben erwähnte weitmaschige Struktur der Atome. Dies Resultat ist nicht neu insofern, als die Beobachtungen an α-Strahlen und Kathodenstrahlen zu ähnlichen Folgerungen geführt haben und auch mit Hilfe elektromagnetischer Ablenkung ausgeführte Versuche an Kanalstrahlen das gleiche Resultat ergaben. Von Interesse ist aber, daß sich auch bei sehr viel langsameren Kanalstrahlen auf diesem Wege das Durchschlagen der Atome hat nachweisen lassen.

Diese kurzen Angaben über die wichtigsten experimentellen Resultate mögen genügen, um zu zeigen, welche wichtigen Probleme hier mit Erfolg in Angriff genommen sind. Die weiteren interessanten und anregenden Folgerungen und Anwendungen auf Probleme der Spektralanalyse, der chemischen Valenzlehre usw. können hier nicht alle mitgeteilt werden.

Die entwickelten Anschauungen über die Struktur der Atome machen keineswegs den Anspruch darauf, eine „Theorie" der Atomstruktur zu sein. Von einer solchen verlangt man ja, daß sie sich in mathematischer Form darstellen läßt, um auf diese Weise eine viel strengere Kontrolle ihrer Ergebnisse zu ermöglichen. Die Starkschen Ansätze sind dazu noch zu unbestimmt gehalten. Sie geben nur den Kern einer solchen Theorie, der sich später möglicherweise zu einer genaueren Theorie verwerten läßt, wenn sich die Richtigkeit dieser Grundlage herausgestellt hat. Ihre Hauptbedeutung liegt in dem hohen heuristischen Wert und darin, daß sie viele der bisher bekannten Tatsachen in ein einheitliches Bild zusammenfaßt. Die experimentellen Ergebnisse behalten natürlich ihren Wert, ganz unabhängig davon, ob man ihre Deutung und die an sie anknüpfende Theorie aufrechterhalten kann oder nicht.

Die Darstellung des ganzen Materials ist klar und übersichtlich und hat unter anderm auch den Vorzug, keinerlei Ansprüche an die mathematische Ausbildung des Lesers zu stellen. Die grundlegenden Anschauungen sind einfache und daher die Ergebnisse ableitbar, ohne Rechnungen zu Hilfe nehmen zu müssen. Die Schrift ist jedem zu empfehlen, der sich für dies wichtige Gebiet interessiert. Da es sich dabei um die Grundlagen der Chemie handelt, ist ihr ganz besonders in den Kreisen der Chemiker Verbreitung zu wünschen.

H. v. Dechend, Freiburg i. B.

Böttger, Wilhelm, Qualitative Analyse vom Standpunkte der Ionenlehre. Dritte Auflage. Leipzig, Wilhelm Engelmann, 1913. XVII, 565 S., 26 Figuren, eine Spektraltafel und besondere Tabellen zum Gebrauche im Laboratorium. Preis geh. M. 11,20, geb. M. 12,50.

In *Wilhelm Ostwalds* kleiner Schrift „Die wissenschaftlichen Grundlagen der analytischen Chemie" (1894) wurde zum ersten Male systematisch gezeigt, welche Vereinfachung und Vertiefung in der Auffassung analytisch benutzter Reaktionen durch *Arrhenius'* Lösungstheorie und die Gleichgewichtslehre herbeigeführt wird. Das Werk übte einen weitreichenden Einfluß aus, der sich bald darin zeigte, daß seit jener Zeit nur wenige analytische Lehrbücher auf die Anwendung der Ionenlehre Verzicht leisteten. Zuerst freilich wurde die neuere Betrachtungsweise — wenn man von einigen ganz radikalen Leitfäden für das erste chemische Praktikum absieht — nur anhangsweise oder zur Ergänzung herangezogen, und dies Vorgehen erschien besonders bei der Neubearbeitung bestehender umfangreicher Werke durchaus

verständlich. — Deswegen war es eine wissenschaftliche Tat, als *W. Böttger* 1902 zum ersten Male die qualitative Analyse einheitlich vom Standpunkte der Ionenlehre für das Universitätspraktikum behandelte. Der Erfolg ist nicht ausgeblieben: *Böttgers* Werk erschien 1908 in sehr erweiterter und völlig umgearbeiteter Form in zweiter Auflage; es ist ins Italienische, Englische und Russische übersetzt und liegt jetzt als ein umfangreicher Band in dritter Auflage vor.

Wenngleich diese Schrift ursprünglich dazu bestimmt war, den Studierenden die erste Kenntnis der qualitativen Analyse zu vermitteln, so geht sie jetzt doch weit über diesen Rahmen hinaus und kann mit Recht als ein Lehrbuch dieser Disziplin, nicht nur dem Umfang des mitgeteilten Stoffes, sondern auch der Anlage nach, betrachtet werden.

Die Definitionen, Gesetze und Theorien, die die analytisch benutzten Erscheinungen beherrschen, im wesentlichen also Dissociations- und Gleichgewichtslehre, bilden die Einführung (Seite 1 bis 123); die klaren Darlegungen werden durch zahlreiche Versuche belebt, die das Verständnis wesentlich erleichtern. Der zweite Abschnitt (Seite 124 bis 164) umfaßt die praktischen Anweisungen; hier werden alle Apparate, Handgriffe und die allgemeinen Methoden, die für die qualitative Analyse in Betracht kommen, beschrieben. — Es folgen nun als dritter Abschnitt (Seite 165 bis 348) die charakteristischen Reaktionen der wichtigsten Kationen und Anionen in der üblichen Einteilung nach analytisch zusammengehörigen Gruppen; hierbei werden auch überall die mikrochemischen Reaktionen herangezogen, vor deren Überschätzung berechtigterweise der Verfasser warnt.

Der systematische Gang der qualitativen Analyse beliebiger, zusammengesetzter anorganischer Substanzen ist im vierten Abschnitt (Seite 352 bis 500) geschildert, wo auch ausführlich die Vorprüfungen auf trockenem Wege sowie die vorbereitenden Operationen (Auflösen und Aufschließen) zur Sprache kommen.

Ein fünfter Abschnitt (S. 505 bis 537) enthält endlich die Reaktionen der weniger häufig vorkommenden Elemente sowie die Verfahren zu ihrer Trennung. Einige Tabellen über die Löslichkeit von Salzen und die Empfindlichkeit von Reaktionen bilden den Schluß.

Die einheitliche Behandlung des gesamten Stoffes vom Standpunkte der Dissociations- und Gleichgewichtslehre und die dadurch bedingte Unterordnung aller Einzelheiten unter allgemeine Gesichtspunkte bildet das wesentliche Merkmal dieses Werkes und zugleich seinen größten Vorzug. Mag auch der Chemiker in der Fabrik oder im Handelslaboratorium die Analyse als Handwerk betreiben; bei ihrer Erlernung auf der Hochschule soll sie wesentlich als Mittel zur Vertiefung der allgemeinen chemischen Bildung dienen, und das kann sie nur, wenn überall der Zusammenhang der Einzelerscheinung mit den beherrschenden Gesetzen klargelegt wird.

Über diesen pädagogisch und wissenschaftlich wichtigen Gesichtspunkt hat *Böttger* nun keineswegs die sorgfältige Behandlung der Einzelheiten vernachlässigt; er verzichtet freilich im allgemeinen darauf, wie es dem Zweck des Werkes auch durchaus entspricht, nach Art eines Handbuches verschiedenartige Methoden nebeneinander anzuführen, aber die mitgeteilten Verfahren sind mit großer Sorgfalt nach allen Richtungen hin durchgearbeitet und erwogen. Wie aus zahlreichen Bemerkungen hervorgeht, hat Herr *Böttger* mehrere seiner Schüler veranlaßt, Grenzen der Empfindlichkeit und Zuverlässigkeit der einzelnen Methoden in besonderen Fällen zu prüfen, und hat die Ergebnisse hier verwertet; es ist somit anzunehmen, daß der vorgeschlagene Analysengang auch bei ungewöhnlichen Konstellationen kaum versagen wird. Nur bei den selteneren Elementen (z. B. Vanadium, Wolfram, Thorium) sind mir einige Punkte aufgefallen, wo noch Ergänzungen erforderlich erscheinen. Diese Elemente sind ja inzwischen zum großen Teil in die Technik derart eingedrungen (z. B. Tantal, Wolfram und Thorium in die Beleuchtungsindustrie, Wolfram, Molybdän, Vanadium und Titan in die Stahlfabrikation), daß ihre genauere Kenntnis keinem Chemiker erspart bleiben kann.

Trotzdem dieses Werk direkt für den Unterricht der Studierenden geschrieben ist, kann es doch nicht wohl ohne weiteres als „Lehrgang" für das Laboratorium benutzt werden, es bleibt vielmehr dem Ermessen des Lehrers überlassen, wie er den ersten allgemeinen theoretischen Teil mit dem speziellen Teil in Zusammenhang bringen will, wobei übrigens zahlreiche Hinweise ihn unterstützen.

Die Ansprüche, die dies Buch an die Intelligenz und den guten Willen des Schülers stellt, sind nicht gering, jedenfalls viel höher als bei den üblichen „Einführungen" in die qualitative Analyse; daß es aber möglich ist, diese Ansprüche durchzusetzen, zeigt außer den Erfahrungen des Verfassers auch die rasche Folge der Auflagen.

J. Koppel, Berlin.

Hoppe, Johannes, Analytische Chemie I. Qualitative Analyse. Zweite, völlig umgearbeitete Auflage. Berlin und Leipzig, G. J. Göschen, 1913. 147 S. und 7 Tabellen. Preis M. 0,90.

Abweichend von dem sonst üblichen Verfahren behandelt *Hoppe* in diesem Heft unter dem Titel „Qualitative Analyse" den eigentlichen Analysengang, unter Ausschluß der „Reaktionen der einzelnen Ionen" sowie unter Verzicht auf die theoretischen Grundlagen der Analyse (Ionen- und Gleichgewichtslehre), die in einem besonderen Bändchen besprochen werden sollen. — Daß der Verfasser — er ist Leiter des chemischen Laboratoriums von Dr. Bender und Dr. Hobein (München) — tüchtige Erfahrungen im Unterricht hat, lassen die einleitenden „praktischen Winke" erkennen, die die Beschreibung der wichtigen Handgriffe enthalten und auf die üblichen Anfängerfehler hinweisen. Recht eingehend sind erfreulicherweise die „Vorprüfungen" behandelt, worunter im erweiterten Sinne außer den Trockenreaktionen alle die vorbereitenden Operationen verstanden werden, mit denen der erfahrene Analytiker sich die systematische Analyse erleichtern und vervollständigen kann. — Der Gang der Analyse folgt in der Hauptsache den klassischen Methoden, von denen meist mehrere zur Auswahl gestellt werden; es sind aber auch manche der neueren Abänderungsvorschläge berücksichtigt, und nach Möglichkeit wird darauf hingewiesen, welches von den beschriebenen Verfahren unter besonderen Umständen vorzuziehen ist.

Im Verhältnis zu dem geringen Umfange des Werkes bietet der Verfasser ein sehr reiches Material in übersichtlicher Form und es ist anzunehmen, daß dieser Göschenband neben den umfangreicheren Lehrbüchern vielfach zur Orientierung bei qualitativen Analysen herangezogen werden wird.

J. Koppel, Berlin.

Astronomische Mitteilungen.

Neue Untersuchungen über die Sonne. In den Annalen der Jesuiten-Sternwarte Zô-sé in China beschreibt *S. Chevalier*, S. J. im III. Bande seine photographischen Aufnahmen der Sonnenphotosphäre. In erster Linie beschäftigt er sich mit der von dem französischen Astronomen *Janssen* bei seinen Sonnenphotographien als „photosphärisches Netz" bezeichneten Erscheinung, die

nach *Janssen* reell und durch starke Bewegungen innerhalb der leuchtenden Sonnenhülle verursacht sein soll. Das Kennzeichen für dieses photosphärische Netz liegt darin, daß die Granulationen auf der photographisch wiedergegebenen Sonnenoberfläche teils scharf begrenzt, teils verwaschen erscheinen. Schon *Vogel* erklärte dieses Phänomen durch Einwirkungen der Luftunruhe bei der Abbildung verschiedener Teile der Sonnenoberfläche und *Chevalier* glaubt auf Grund der von ihm selbst aufgenommenen ausgezeichneten Sonnenphotographien, daß man es bei dem sogenannten „photosphärischen Netz" der Sonne lediglich mit Wirkungen einer ungleichmäßigen Brechung im Innern des Fernrohrs zu tun hat.

Institut für theoretisch-astronomische Forschungen. Auf der letzten, im August d. J. zu Hamburg abgehaltenen Versammlung der Astronomischen Gesellschaft wurde u. a. der *Plan eines neuen Instituts für theoretisch-astronomische Forschung* von einer besonderen Kommission vorgelegt, über den an dieser Stelle im Anschluß an das neueste Heft der *Vierteljahrsschrift der Astronomischen Gesellschaft* einiges mitgeteilt sei.

In den letzten Jahren sind Millionen für prächtige Sternwarten und große Fernrohre gestiftet worden und mit großem Erfolge. Niemals, seit *Galilei* zum ersten Male das Fernrohr auf den Himmel anwandte, drang die astronomische Messung so kühn in die Unendlichkeit wie jetzt, wo hohe Probleme der Entwicklung unendlich weit entfernter Fixsternwelten von der astronomischen Forschung in Angriff genommen sind. Bei dieser glänzenden Entwicklung der Astronomie und Astrophysik ist die *theoretische Astronomie* etwas vergessen worden, obwohl auch gerade diesem Gebiet für die tiefere Erkenntnis des Weltalls die allergrößte Bedeutung inne wohnt. Wie kann nun ein schnellerer Fortschritt in der Entwicklung der theoretischen Astronomie, dieses Stiefkindes der modernen Himmelskunde, erzielt werden? Überlegen wir uns zunächst, wie die Durchführung eines theoretisch-astronomischen Problems, z. B. Bewegung des Mondes, der Planeten und Kometen vor sich geht. Es sind dabei drei verschiedene Stufen zu unterscheiden. In der ersten wird die mathematische Behandlung des ganzen Problems von dem Theoretiker durchgeführt, wobei es für die Astronomie besonders wichtig ist, daß die Ergebnisse der Theorie sich mit den Messungsresultaten decken. Dazu müssen in der zweiten Stufe der theoretischen Behandlung eines Problems die maßgebenden Gleichungen numerisch anwendbar gemacht werden. Während die erste Stufe der mathematischen Durchdenkung eine hohe Originalität verlangt, lassen sich die Arbeiten der zweiten Stufe auch von solchen ausführen, die nur auf elementaren Gebieten der Mathematik bewandert sind. Trotzdem können die Entwicklungen komplizierterer Gleichungen durch *einen* Gelehrten, wie z. B. bei der Mondbewegung, sogar die Arbeit eines Menschenlebens ausmachen. Nun kommt für den Astronomen die dritte Stufe seiner theoretischen Untersuchung, die es mit der rechnerischen Anwendung auf wirkliche, im Weltall gegebene Fälle zu tun hat. Auch diese Stufe setzt an geistiger Originalität viel weniger als die erste und immer noch etwas weniger als die zweite voraus, erfordert aber in vielen Fällen die meiste Zeit. Schon aus der eben erörterten Dreiteilung der theoretischen Behandlung von astronomischen Problemen geht die Notwendigkeit rationeller Arbeitsteilung hervor, wie sie in dem neu geplanten Institut für theoretisch-astronomische Forschung vorgeschlagen wird. An demselben sollen außer einigen hervorragenden theoretischen Astronomen zahlreiche Assistenten und Rechner arbeiten; als jährlicher Etat wäre die Summe von 200 000 M. notwendig für 8 Astronomen und etwa 40 Rechner. Die Astronomische Gesellschaft will durch ihren Vorstand diesen Plan zur Errichtung eines internationalen Instituts für theoretische Astronomie fördern helfen, und es steht zu wünschen, daß dieser wichtige Plan gelingt.

Über Raum, Zeit und absolute Bewegung hat der hervorragende Astronom Prof. *Seeliger* (München) auf der letzten Versammlung der Astronomischen Gesellschaft in Hamburg einen bemerkenswerten Vortrag gehalten, der jetzt im Druck vorliegt und auf den im folgenden etwas näher eingegangen sei. Über den Begriff „Raum" sind ganze Bibliotheken geschrieben worden und doch gestalten sich durch gewisse Überlegungen viele Fragen, die mit dem Raumbegriff zusammenhängen, überraschend einfach. Alle Objekte der Welt sind neben-, hinter- und übereinander gruppiert, und diese Anordnung nach drei Dimensionen tritt unter allen Umständen ein. Das ist die sicherste und unumstößlichste Tatsache und deshalb ist ein mehr als dreidimensionaler Raum überhaupt nicht denkbar. *Seeliger* definiert den Raum als die Möglichkeit der räumlichen Anordnung, die unter allen Umständen besteht. Die feinste Ausnutzung dieser Möglichkeit geschieht durch geometrische Gebilde, aber die Geometrie ist nicht die Wissenschaft vom Raume, sondern von den Raumgebilden. Je nach der Definition dieser Raumgebilde gibt es eine euklidische (ältere) oder nicht-euklidische (neuere) Geometrie. Man erreicht eine vollständige Definition der euklidischen Geometrie, wenn man zu den Eigenschaften der geraden Linie im Endlichen diejenigen im Unendlichen als Axiom der Parallelen oder durch Einführung allgemeiner projektiver Betrachtungen hinzufügt. In der nicht-euklidischen Geometrie werden die Raumgebilde durch andere Festsetzungen definiert, indem man z. B. die Äquidistante der geraden Linie nicht mehr als Gerade betrachtet (Nicht-Parallelität im Unendlichen). Die Gebilde der euklidischen Geometrie sind aber viel einfacher, und wenn jemand etwa die nicht-euklidischen Gebilde zur Darstellung astronomischer Vorgänge benutzen wollte, so müßte er alle physikalischen Vorgänge von Grund auf neu bearbeiten, weil sämtliche physikalisch-mechanischen Gesetze auf dem Prinzip der geraden Linie beruhen. Durch Messungen kann man niemals entscheiden, welche Geometrie die wahre ist oder etwa in was für einem Raume wir leben. Die Frage der Raumausbildung ist eine psychologische Frage. Wie der *Raum* die Möglichkeit des Nebeneinander ist, so bedeutet die *Zeit* die Möglichkeit des Nacheinander. Die Zeit ist unter allen Umständen an die Veränderung irgendwelcher Eigenschaften der Dinge geknüpft, und, wenn diese fehlt, wird der Zeitbegriff sinnlos. Die Zeit ist nicht an die Außenwelt gebunden und noch viel weniger an räumliche Anordnungen; zeitliche und räumliche Beziehungen sind daher zweierlei. Endlich führt *Seeliger* noch aus, wie man die Grundlagen der Mechanik noch aufbauen kann, ohne den mysteriösen und sinnlosen „absoluten Raum" in Anspruch zu nehmen. Erst in den letzten Jahrzehnten ist hierüber Klarheit geschaffen worden. Die unserer heutigen Mechanik zugrunde liegenden Vorstellungen betrachten die Bewegungen unter dem Einflusse von beschleunigenden Kräften. Hierfür muß ein Bezugsystem gewählt und festgelegt werden, das der jetzt gültigen Newtonschen Mechanik zugrunde gelegt werden kann. Dasselbe wird als „Inertialsystem" bezeichnet und muß erstens, ohne den absoluten Raum zu gebrauchen, durch eine Idealkonstruktion festgelegt werden und zweitens besonders für die Aufgaben der Astronomie praktisch brauchbar sein. Die zweite praktische Forderung kann jetzt leicht im Anschluß an die Newtonschen Deduktionen erfüllt werden, nachdem die säkularen Störungen der großen Planeten genau berechnet vorliegen. Dann

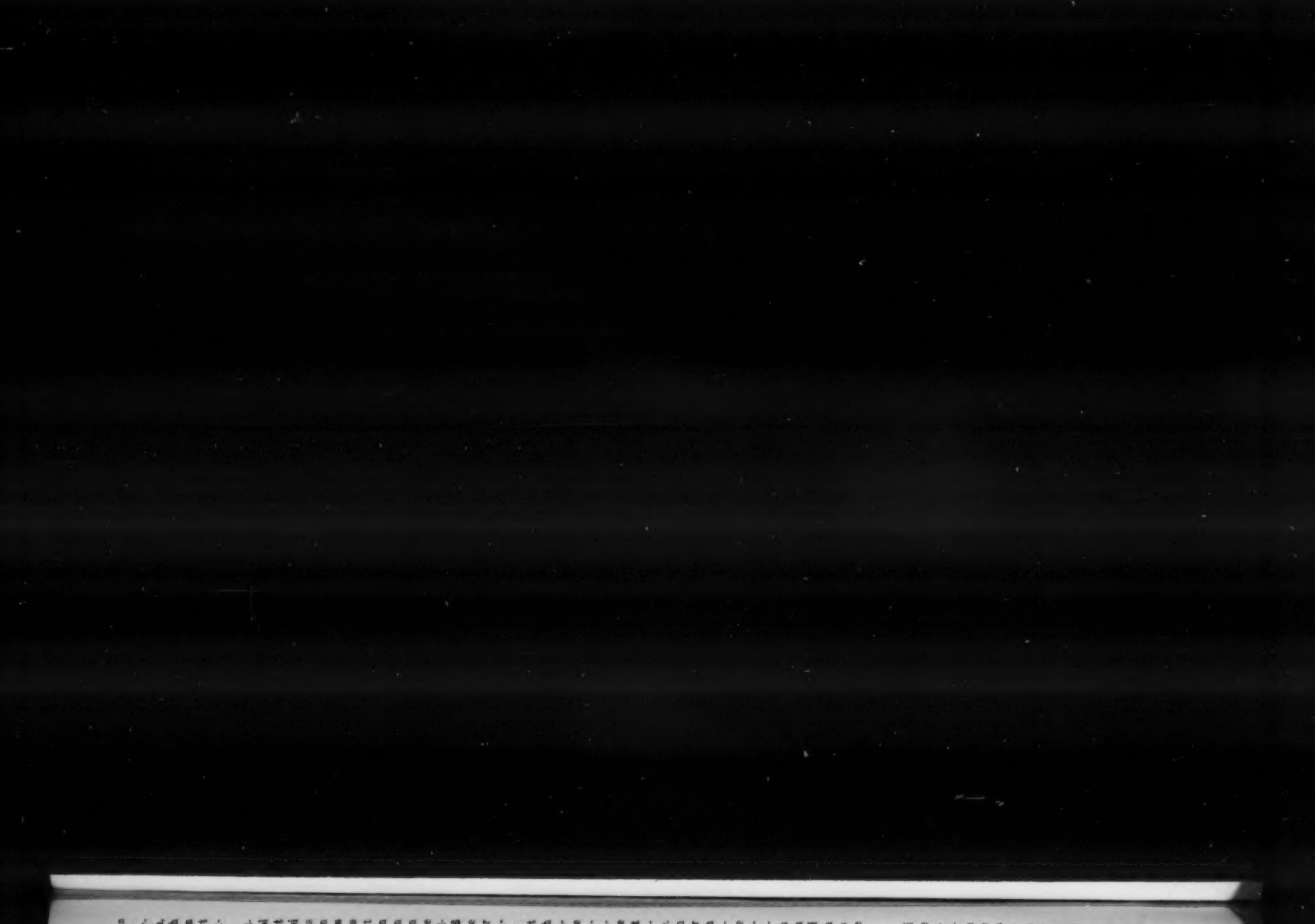
sind die gegenseitigen Durchschnitte der Planetenbahnebenen und ihre Perihel-(Sonnennähe-)Richtungen auch als Inertialrichtungen aufzufassen unter Vernachlässigung der als unmerklich angenommenen Sternanziehung. Praktisch ist das richtig, denn man weiß jetzt, daß ein System um das andere sich im Laufe eines Jahrhunderts höchstens um wenige Bogensekunden dreht. Die zweite Forderung der Idealkonstruktion eines Inertialsystems ist jetzt von *Seeliger* in Erweiterung der Untersuchungen von *Lange* und *Neumann* durchgeführt worden. Früher orientierte man wie *Mach* dieses Inertialsystem nach dem Fixsternhimmel, aber dies ist wegen der zum Teil starken Eigenbewegung der Sterne unhaltbar. *Seeliger* führt den fiktiven Begriff des „isolierten Massenpunktes" ein, der von allen anderen Massenpunkten als unbegrenzt entfernt anzunehmen ist. Das Inertialsystem wird sodann vollständig bestimmt durch drei beliebige isolierte Punkte, die nicht in einer Geraden liegen. Diese kurzen Betrachtungen mögen genügen, um die interessanten Ausblicke in den Darlegungen *Seeligers* zu kennzeichnen. *A. Marcuse.*

Kleine Mitteilungen.

Zum Nachweis von Eiweißkörpern werden seit langem eine Anzahl von charakteristischen Färbungen benutzt, die diese wichtigen Substanzen mit gewissen Reagentien geben. Ursprünglich auf rein empirischem Wege entdeckt, wurden diese Reaktionen später vielfach systematisch in der Richtung bearbeitet, daß man festzustellen suchte, welchem der einzelnen Eiweißbausteine das Auftreten der einen oder der anderen zuzuschreiben ist. Dadurch sind sie zu erhöhter Wertschätzung gelangt, insofern als man mit ihnen nicht nur die Anwesenheit von Eiweiß nachzuweisen imstande ist, sondern auch z. T. die Veränderungen verfolgen kann, die Eiweißsubstanzen bei natürlichem oder künstlichem Abbau erleiden. In dieser Richtung kann eine neue derartige Reaktion bedeutungsvoll werden, wenn auch für den Nachweis von Eiweißsubstanzen an sich es kaum noch neuer Reaktionen bedarf. Nach diesem Maßstabe wird man also den Wert neuer derartiger Befunde einzuschätzen haben. Einen solchen Befund veröffentlicht *L. Lewin (Ber. d. D. Chem. Ges.* 1913, Bd. *46*, S. 1796). Das Reagens, das ihm die Reaktion gab, ist eine Lösung von Triformoxim, dem Trioxim des Paraformaldehyds, in *roher* Schwefelsäure. Es liefert bei Berührung oder Schütteln mit gelösten Eiweißsubstanzen bis zu etwa 0,05 % und selbst 0,02 % herab eine rein violette Färbung, die sich lange und unverändert hält. Dabei soll ein Unterschied in der Empfindlichkeit bei verschiedenen Eiweißstoffen nicht merkbar sein. Die Reaktion tritt nicht auf mit Leim. Ähnlich wie das Oxim wirkt auch Paraformaldehyd selbst, in Schwefelsäure gelöst, doch soll unter sonst gleichen Umständen die Färbung im letzten Falle weniger rein und weniger haltbar sein. *Lewin* hat auch festzustellen gesucht, welche von den in der rohen Schwefelsäure vorhandenen Verunreinigungen den positiven Ausfall der Reaktion bedingen. Merkwürdigerweise tritt nämlich, wenn man eine Lösung des Triformoxims in *reiner* konzentrierter Schwefelsäure anwendet, nur eine gelbliche bis bräunliche Färbung ein und nach einiger Zeit leichte grünliche Fluoreszenz. *Lewin* gibt an, daß Freisein der reinen Schwefelsäure von Selen *oder* Arsen den Nichteintritt der Reaktion bedinge. Er teilt aber dann mit, daß die Violettfärbung auch erfolge, wenn das Reagens mit reiner Schwefelsäure unter Zusatz einer Spur seleniger Säure hergestellt würde, und nicht ganz so rein, aber deutlich, nach Zusatz von sehr wenig arseniger Säure. Demnach würde jedes dieser Reagentien für sich genügen, um den Effekt hervorzubringen, und man könnte geneigt sein, ihren Einfluß auf eine Reduktionswirkung zurückzuführen.

Was nun die ursächliche Bedeutung einzelner Eiweißbausteine anlangt, so hat *Lewin* festgestellt, daß Pyrrol nicht reagiert, Tyrosin mit dem Paraformaldehyd-, nicht aber mit dem Triformoximreagens, und vorwiegend bei Anwendung von reiner konzentrierter Schwefelsäure als Lösungsmittel eine Grünfärbung liefert, Indol hingegen mit beiden Reagentien und *sowohl* bei Anwendung von *reiner als auch von unreiner* Schwefelsäure ebenfalls eine Violettfärbung. Nach diesen Feststellungen scheint die Reaktion von dem Indolabkömmling Tryptophan ausgelöst zu werden und sie gleicht hierin, wie auch in der Färbung selbst, der bekannten Reaktion von *Adamkiewicz*. Diese wird hervorgerufen durch starke Säuren bei Anwesenheit von geringen Mengen Glyoxylsäure, und es ist durchaus nicht unwahrscheinlich, daß die von *Lewin* benutzten Reagentien Spuren dieser Säure enthalten oder bei Gegenwart von konzentrierter Schwefelsäure, eventuell in Gegenwart der obengenannten Verunreinigungen, zu bilden vermögen.

Es ist deshalb sehr bedauerlich, daß *Lewin* nicht beide Reaktionen direkt verglichen hat. Es findet sich zwar in seiner Abhandlung eine Angabe, die eine Identität auszuschließen scheint. Er fand nämlich, daß die violette Lösung „in genügender Konzentration" spektroskopisch einen ziemlich gut begrenzten Absorptionsstreifen bei $\lambda = 536\ \mu\mu$ erkennen läßt. Für die violette Lösung, die bei der *Adamkiewicz*-Reaktion entsteht, ist hingegen ein Absorptionsstreifen zwischen b und F angegeben, also bei einer etwas geringeren Wellenlänge. Indessen geht aus der Abhandlung von *Lewin* weiterhin hervor, daß der angegebene Absorptionsstreifen mit der violetten Färbung nichts zu tun hat. Er findet sich nämlich auch bei der nichtvioletten Lösung, die Eiweißsubstanzen mit Triformoxim in *reiner* Schwefelsäure geben. Die Konzentration, bei der *Lewin* seinen Absorptionsstreifen beobachtet hat, dürfte vielleicht verschieden sein von der „passenden Verdünnung", die nach *Thierfelder* den charakteristischen Absorptionsstreifen der *Adamkiewicz*-Reaktion hervortreten läßt. Es ist wohl zu hoffen, daß *Lewin* die von ihm entdeckte Reaktion noch eingehender untersuchen wird, und dann erst wird sich herausstellen, ob ihr eine selbständige Bedeutung für die Eiweißchemie zukommt. *L. Spiegel.*

Im Sommer 1912, von dem letzten Drittel des Juni bis zum Spätherbst, wurde auf der nördlichen Erdhälfte eine **ungewöhnliche Trübung der Atmosphäre** beobachtet, die sich in einem blaßblauen Aussehen des Himmels und in einer Rotfärbung der Sonne bei niedrigem Stande bemerkbar machte. Nach *C. Hellmann* soll diese Erscheinung durch mehrere gewaltige Ausbrüche des Vulkans Katmoi auf Alaska vom 6. bis 8. Juni 1912 verursacht worden sein. Diese hatten in den drei Tagen auf der vom Vulkan um 130 km entfernten radiotelegraphischen Station der Insel Kodiak einen Aschenfall von 45 cm zur Folge und haben vermutlich durch das Emporschleudern der feinen Vulkanasche in hohe Luftschichten die Trübung veranlaßt. Die ungünstige Witterung des Sommers 1912 soll nach *Hellmann* aber nicht auf diese Ursache zurückzuführen sein. (*Meteor. Z. 30*, 34, 1913.) *Mk.*

Für die Redaktion verantwortlich: *Dr. Arnold Berliner*, Berlin W. 9.